ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 NOVEMBRE 1936.

PRÉSIDENCE DE M. JEAN PERRIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Notre Confrère **Édouard Goursat** vient de disparaître.

Je m'excuse de laisser à notre éminent Secrétaire perpétuel le soin d'exposer ce que les sciences mathématiques lui doivent.

Faisant cependant appel à mes souvenirs personnels du temps où il fut mon maître à l'Ecole normale, je vous dirai ce qui est, par-dessus tout, resté gravé dans ma mémoire : c'est l'extraordinaire clarté d'exposition de son enseignement.

En votre nom, je prie respectueusement Mme Goursat d'agréer les condoléances de l'Académie, pour elle, pour ses enfants et ses petits-enfants, et je passe la parole à M. Émile Picard. Que celui-ci veuille bien se charger de retracer devant vous son œuvre mathématique, c'est le plus grand hommage qui puisse être rendu à la mémoire de notre Confrère.

M. **Émile Picard** prend alors la parole en ces termes :

Tous ceux qui ont approché **Édouard Goursat** ont appris sa mort avec une profonde tristesse. Goursat n'avait pas voulu de discours officiels à ses obsèques. Seul, vendredi dernier, à la gare, près du train qui allait amener le corps de notre Confrère à Tulle, où a eu lieu l'inhumation, M. Gaston Julia a dit avec émotion la peine que causait à ses anciens élèves la dispari-

tion d'un maître, dont ils admiraient le talent et le caractère. M. le Président, se rappelant qu'il avait suivi les cours de Goursat, vient de nous dire aussi le souvenir qu'il a gardé de ce remarquable professeur.

Le savant chez Goursat fut à la hauteur du professeur; on peut dire qu'il laisse une œuvre parfaite. Quelle solidité, en effet, dans ses travaux. Il n'a jamais rien publié de hâtif, et il mérite d'être proposé comme mobile à tant de chercheurs de notre temps, trop pressés de publier des résultats insuffisamment médités. Quelle variété aussi dans son œuvre; elle témoigne de la souplesse d'un talent qui s'est exercé avec une grande distinction dans les directions les plus variées. On y doit louer encore le souci de pousser, autant que possible, les questions jusqu'à leur dernier terme. Il ne craignait pas de s'attarder à l'étude approfondie de cas particuliers judicieusement choisis. Allant au fond des choses, de telles études sont souvent plus utiles pour les progrès ultérieurs de la science que le développement prématuré de certaines généralités.

Un des premiers résultats obtenus par Goursat a donné une réponse à une question posée depuis longtemps. Cauchy avait établi, dans des conditions inutiles à rappeler, que l'intégrale d'une fonction le long d'un contour fermé est nulle. On admettait dans la démonstration la continuité de la dérivée; Goursat a montré qu'il suffit d'admettre l'existence de cette dérivée, sans supposer sa continuité.

La théorie des transformations rationnelles des équations différentielles linéaires, les études sur la série hypergéométrique, sur l'équation de Kummer, sur la réduction des intégrales abéliennes, ont révélé à notre Confrère un grand nombre de faits analytiques nouveaux.

En géométrie analytique et en géométrie infinitésimale, Goursat n'a pas été moins heureux, mais c'est à la théorie des équations aux dérivées partielles du second ordre qu'il est revenu le plus souvent. Longtemps après la publication des Mémoires célèbres de Monge et d'Ampère, on n'était pas fixé sur ce qu'on devait entendre par l'intégrale générale de ces équations. Ampère avait donné une définition; une autre se déduisait des travaux de Cauchy. On se demandait si une intégrale générale au sens d'Ampère était ou non générale au sens de Cauchy. Goursat a repondu par la négative et a montré que la définition de Cauchy doit seule être conservée.

Dans cette théorie, Goursat a encore précisé d'une manière magistrale la notion de multiplicités caractéristiques, ce qui l'a conduit à une classification, devenue classique, des équations du second ordre. On doit aussi

rappeler qu'il a montré le premier la véritable portée d'une méthode, pendant longtemps plus admirée qu'étudiée, proposée en 1870 par Darboux pour l'intégration des équations aux dérivées partielles. Toutes ces recherches ont été rassemblées dans deux volumes, qui constituent une œuvre scientifique de la plus haute valeur.

Ceux qui cultivent l'analyse mathématique trouveront sans doute longtemps encore des sujets d'étude dans les équations aux dérivées partielles. Il n'en est peut-être pas de plus intéressant pour les théories de la physique moderne. Alors qu'une théorie reposant sur un modèle tangible ou visible finit très souvent par conduire à des contradictions, il semble que seul, dans bien des cas, permette de les éviter le symbolisme mathématique, où les équations différentielles jouent un rôle extrêmement important.

Quoi qu'il en soit de l'avenir, l'œuvre si soignée et si pleine de Goursat, dont je n'ai pu ici que donner une idée bien succincte, conservera toute sa valeur, et sa disparition est une grande perte pour notre école mathématique française.

Je me joins à M. le Président pour présenter à Mme Goursat et à ses enfants les regrets et les condoléances émues de l'Académie.

Notice sur Gustave Binger, par M. **Jean Tilho**.

Notre Correspondant **Louis-Gustave Binger** vient de mourir au moment où il entrait dans sa 81e année. Avec lui c'est une des plus belles figures de l'expansion coloniale française qui disparaît.

Cet alsacien, né à Strasbourg le 14 octobre 1856, avait quitté sa chère Alsace, devenue allemande, pour consacrer sa vie à la France : nul ne l'a mieux servie, comme soldat, explorateur, administrateur et diplomate ; il est l'un des pionniers à qui notre pays est redevable de la création de son empire africain au sud du Sahara.

En pleine jeunesse, la gloire l'avait marqué pour l'immortalité, lorsqu'au printemps de 1889 il rentra de cette mémorable expédition à travers les territoires inconnus de la boucle du Niger, qui l'égala aux plus fameux explorateurs du continent noir, Caillié, Denham, Barth et Nachtigal.

En cette courte Notice, il n'est pas possible de résumer ce magnifique et dangereux voyage, qui lui fit visiter, en deux ans, plus de $300\,000^{\text{km}^2}$ de terres vierges où les cartes de l'époque ne mentionnaient que d'incertaines rivières et de fantaisistes massifs montagneux.

Parti du Sénégal au début de 1887, le Lieutenant d'Infanterie de Marine Binger s'était, en effet, aventuré, en simple commerçant, à travers les États ravagés par la famine et surtout par les guerres incessantes de potentats nègres Samory et Tiéba. Seul Européen, sans escorte, il transportait, sur une vingtaine de bourricots conduits par neuf indigènes, des échantillons de marchandises françaises susceptibles de plaire aux populations soudanaises; pour tout armement défensif, il avait deux fusils Gras, un fusil de chasse, et quatre vieux pistolets à pierre. Son sang-froid, son courage, sa persévérance et surtout son inaltérable bonté lui firent surmonter toutes les épreuves et lui permirent de faire connaître, respecter et apprécier la France par tous les chefs et toutes les tribus avec lesquels il fut en contact.

Son programme politique et économique était d'assurer une liaison terrestre continue entre nos derniers postes du Haut-Niger et nos modestes établissements d'Assinie et de Grand Bassam, sur les rives inhospitalières du Golfe de Guinée. Son programme géographique était de remplir les *blancs* de la carte d'Afrique dans la mystérieuse boucle du Niger et dans les forêts qui séparent son bassin de ce que l'on appelait alors les *Rivières du Sud*.

Au prix de quels efforts et de quelles tribulations il parvint à les réaliser, il l'a conté avec la plus charmante bonhomie et la plus grande modestie dans son livre couronné par l'Académie française *Du Niger au Golfe de Guinée, par le pays de Kong et le Mossi.*

A son retour en France, il fut accueilli par une explosion d'enthousiasme que justifiaient amplement les résultats de son expédition. Par des traités de commerce et d'amitié, il avait réussi à placer sous l'influence française les multiples états indépendants, grands et petits, qui s'échelonnaient le long de ses itinéraires, préparant notre emprise sur un vaste domaine, de façon à réduire à de simples enclaves les possessions anglaises du Golfe de Guinée.

Il rapportait de précieux renseignements sur la densité de leur population, leurs ressources agricoles et industrielles, les grandes voies des caravanes, les principaux centres commerciaux, la navigabilité des cours d'eau.

Au point de vue géographique, il apportait une carte générale, construite à l'aide de 50000^{km} de levés par renseignements, soigneusement recoupés et contrôlés, s'appuyant sur 4000^{km} d'itinéraires topographiques méthodiquement levés et solidement étayés par 18 positions astronomiques. Cette carte permettait désormais de délimiter correctement les divers

bassins hydrographiques, et donnait ainsi une première physionomie ressemblante de l'ensemble de ces vastes régions.

Deux ans plus tard, à l'occasion de la délimitation des frontières entre la Côte d'Ivoire et la Côte d'Or anglaise, Binger, au cours d'une nouvelle exploration revenait à Kong, ayant largement étendu au Sud de cette cité le cercle de ses découvertes géographiques.

En 1893, le gouvernement lui confiait le soin de constituer en colonie autonome l'ensemble des territoires qu'il avait donnés à la France : ainsi naquit notre colonie de la Côte d'Ivoire, une des plus prospères de notre empire africain, dont il fut le créateur, l'organisateur, et le premier gouverneur.

A partir de 1896, Binger fut appelé à exercer, au Ministère des Colonies, les hautes fonctions de directeur des Affaires d'Afrique. Dans ce poste important, qu'il occupa sans interruption jusqu'en 1907, sa grande expérience des hommes et des choses du continent noir lui conférait auprès des ministres une autorité morale indiscutée. Il fut l'inspirateur de toute notre politique africaine et l'actif organisateur des missions d'exploration qui eurent à réaliser, à l'intérieur du continent, la jonction des *hinterlands* de nos colonies échelonnées le long des côtes de l'Atlantique : Sénégal, Guinée, Côte d'Ivoire, Dahomey, Gabon et Congo français, ce qui permit de les grouper, au début du siècle, en deux gouvernements généraux, et d'entreprendre les grands travaux destinés à accélérer leur mise en valeur.

Mais le rôle de Binger ne se borna point à cette grande œuvre de l'organisation politique et économique de l'Afrique française. Il prit une part prépondérante à l'élaboration des traités qui devaient mettre fin aux rivalités africaines entre la France et l'Angleterre, et préparer l'Entente Cordiale :

Convention de 1898, fixant les frontières franco-britanniques, depuis le Sénégal jusqu'au lac Tchad, autour de la Guinée anglaise, de Sierra Leone, de la Gold Coast et de la Nigeria.

Convention de 1899, définissant la limite des zones d'influence des deux puissances à l'ouest du Nil, depuis les sources de l'Oubangui jusqu'aux confins de la Tripolitaine, par l'Ouadaï, l'Ennedi et le Tibesti.

Conventions de 1904 et de 1906, améliorant à notre profit le tracé des frontières depuis le Niger jusqu'au Tchad.

Entre temps il publiait deux importantes études géographiques; l'une, consacrée à la priorité des découvertes maritimes sur la côte occidentale

d'Afrique, au XIV[e] et au XV[e] siècle, témoignait de l'ampleur de son érudition; l'autre traitant des questions islamiques, montrait les possibilités et les avantages de l'utilisation des grandes confréries musulmanes pour la pacification et le développement de nos possessions africaines.

En 1907, nommé gouverneur général honoraire, il quittait prématurément le service actif afin de se consacrer à l'éducation de ses enfants et s'adonner à l'agriculture pour laquelle il avait toujours eu une prédilection très marquée. Mais il n'en oubliait pas pour cela l'Afrique.

En 1928, il retournait en Côte d'Ivoire dont il admirait les remarquables transformations, en parcourant avec M[me] Binger en chemin de fer et en automobile les contrées qu'il avait eu la gloire de faire connaître au monde civilisé. En 1934, étant au nombre des délégués chargés de représenter le gouvernement à l'inauguration des statues des généraux Borgnis-Desbordes et Archinard, il en profitait pour effectuer la traversée du Sahara en automobile.

Il avait été élevé à la dignité de grand officier de la Légion d'honneur à l'occasion de l'Exposition coloniale de Vincennes, et notre Académie, le 3 avril 1933, l'avait élu Correspondant pour la Section de Géographie et de Navigation.

A la veuve et aux enfants du grand Français que fut l'explorateur Binger, l'Académie adresse l'hommage de ses profonds regrets et de sa douloureuse sympathie.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le problème des partis.* Note de M. **Émile Borel.**

Le problème des partis de Pascal consiste à calculer la valeur du parti d'un joueur, c'est-à-dire la fraction des mises qui doit lui revenir équitablement, lorsque le jeu est interrompu.

Considérons un jeu entre deux joueurs A et B, qui se joue en $n+p+1$ points; à chaque coup, le joueur A a une probabilité a de gagner 1 point et une probabilité x^2 de gagner 2 points; les probabilités pour B de gagner respectivement 1 ou 2 points sont b et y^2. Si les règles du jeu sont telles que les deux joueurs ne peuvent pas gagner simultanément et que le coup ne peut être nul, on a

$$a+x^2+b+y^2=1.$$

Dans ces conditions, si A et B ont obtenu respectivement $p+1$ et

n points, de sorte qu'il manque à A, pour gagner, n points, tandis qu'il en manque $p+1$ à B, la valeur P du parti de A est donnée par la formule

$$P = A_{1,n}B_{n,p} + A_{2,n}B_{n-1,p} + \ldots + A_{h,n}B_{n-h+1,p} + \ldots,$$

la somme étant prolongée jusqu'à ce que $A_{h,n}$ devienne nul, ce qui arrive lorsque $2h$ dépasse $n+1$.

Les valeurs de $A_{p,n}$ et de $B_{n,p}$ sont, en effet, les suivantes :

$$A_{1,n} = a^{n-1}(a+x^2),$$
$$A_{2,n} = a^{n-3}x^2[(n-1)a+(n-2)x^2]$$

et, pour $h>2$,

$$A_{h,n} = \frac{(n-h)(n-h-1)\ldots(n-2h+3)}{(h-1)!}a^{n-2h+1}x^{2h-2}$$
$$\times[(n-h+1)a+(n-2h+2)x^2],$$
$$B_{n,0}=1$$

et, pour $p \geqq 1$,

$$B_{n,p} = 1+nb+\frac{n(n+1)}{1-2}b^2+\ldots+\frac{n(n+1)\ldots(n+p-1)}{p!}b^p$$
$$+ny^2\left[1+(n+1)b+\ldots+\frac{(n+1)(n+2)\ldots(n+p-2)}{(p-2)!}b^{p-2}\right]$$
$$+\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$+\frac{n(n+1)\ldots(n+k-1)}{k!}y^{2k}\left[1+(n+k)b+\ldots\right.$$
$$\left.+\frac{(n+k)\ldots(n+p+k-1)}{(p-2k)!}b^{p-2k}\right]$$
$$+\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

la somme étant prolongée jusqu'à ce que $p-2k$ devienne négatif.

On observera que $B_{n,p}$ peut être obtenu en développant en série l'expression

$$\frac{1}{(1-b-y^2)^n},$$

et en conservant seulement les termes dont le degré total par rapport à b et y ne dépasse pas p. Cette remarque facilite beaucoup la démonstration de la formule qui donne P. Il est en effet évident que si n est fixe et si p augmente indéfiniment, P doit tendre vers l'unité, quels que soient b et y, sous la seule condition que a et x ne soient pas tous deux égaux à zéro.

Il serait surprenant que, depuis que Pascal a posé le problème des partis, les formules que je viens de donner n'aient pas été trouvées sous une forme ou sous une autre; je n'en ai cependant pas eu connaissance et la démonstration dont je viens d'indiquer le principe me paraît particulièrement

simple et s'étend facilement au cas où chaque joueur peut, en un seul coup, gagner un nombre quelconque de points. Elle pourrait sans doute aussi s'étendre à des problèmes plus généraux. L'un des plus intéressants est celui des jeux semi-symétriques où les deux joueurs A et B changeant de position à chaque coup, alternent leurs probabilités.

En calculant, par des formules symétriques des précédentes, le parti Q du joueur B, l'identité $P + Q = 1$ est assez curieuse, même dans le cas simple où l'on suppose $x = y = 0$.

Lorsque les formules que nous avons données sont supposées connues, leur vérification empirique est aisée au moyen des identités

$$A_{p,n} = aA_{p,n-1} + x^2 A_{p-1,n-2},$$
$$B_{n,p} = B_{n-1,p} + bB_{n,p-1} + y^2 B_{n,p-2},$$

dans lesquelles on devra supposer $A_{0,n} = 0$, $B_{0,n} = 1$.

On peut observer que, si l'on pose $x^2 = X$, l'expression de $A_{h,n}$ devient

$$A_{h,n} = a^{n-2h+1} X^{h-1} C_{h,n},$$

$C_{h,n}$ étant de la forme $ca + c'X$, c et c' étant des constantes. Les formes linéaires $C_{h,n}$ sont déterminées par les identités suivantes, où p est égal à $n/2$ si n est pair et à $h - 1/2$ si n est impair

$$(a + X)^n = X^p (a + X)^p C_{p+1,n} + \ldots + a^{2k} X^{p-k} (a + X)^{p-k} C_{p+1-k,n} + \ldots,$$

où la somme s'étend jusqu'à la valeur $k = p$. Un polynome $f(X)$ de degré $2p$ ou $2p + 1$ peut se mettre en effet d'une seule manière sous la forme

$$f(x) = c_0[x(x+1)]^p + c_1[x(x+1)]^{p-1} + \ldots + c_k[x(x+1)]^{p-k} + \ldots + c_p,$$

où $c_0, c_1, c_2, \ldots, c_p$ sont du premier degré en x [c_0 étant une constante si $f(x)$ est de degré $2p$].

Pour terminer, indiquons brièvement les formules dans le cas où les probabilités pour le joueur A, de gagner respectivement $1, 2, 3, \ldots, k$ points, sont $a, b^2, c^3, \ldots, l^k$ et les probabilités pour le joueur B de gagner $1, 2, 3, \ldots, k'$ points sont $x, y^2, z^3, \ldots, u^{k'}$.

Calculons l'entier h par les inégalités

$$\frac{n}{k} \leqq h < \frac{n}{k} + 1$$

et posons $s = n + 1 - h$.

Désignons par $A_{s,n}$ l'ensemble des termes de l'expression

$$A_h = (a + b^2 + c^3 + \ldots + l^k)^h$$

dont le degré total atteint ou dépasse n et soit B_h la différence $A_h - A_{s,n}$. On désignera par $A_{s-1,n}$ l'ensemble des termes de l'expression

$$B'_h = B_h(a + b^2 + c^3 + \ldots + l^k)$$

dont le degré total dépasse n et par C_h la différence $B'_h - A_{s-1,n}$. On formera de même le produit

$$C'_h = C_h(a + b^2 + \ldots + l^k)$$

et l'on continuera ainsi jusqu'à ce que l'on obtienne finalement

$$A_{1,n} = a^{n-1}(a + b^2 + c^3 + \ldots + l^k).$$

D'autre part $B_{n,p}$ s'obtient en développant en série l'expression

$$\frac{1}{(1 - x - y^2 - \ldots - u^k)^n}$$

et en ne conservant que les termes dont le degré ne dépasse pas p. La formule qui donne la probabilité P pour A de gagner, lorsqu'il lui manque n points, tandis qu'il en manque $p+1$ à B, est alors

$$P = A_{1,n}B_{n,p} + A_{2,n}B_{n,p-1} + \ldots + A_{s,n}B_{h,p}.$$

PALÉONTOLOGIE. — *Le test des Ostréidés, du groupe de l'*Ostrea cochlear *(genre* Pycnodonta, *F. de W.) et le test des Rudistes.* Note de M. **Henri Douvillé**.

Pycnodontes. — L'*Ostrea cochlear* se distingue par sa coquille lisse et par sa forme : valve inférieure fortement concave et valve supérieure plate. Elle vit dans des eaux relativement profondes; elle a été draguée au large de Banyuls à la profondeur de 250^m, fixée sur un polypier, *Lophohelia prolifera*. Elle est le type du genre *Pycnodonta*.

A l'état fossile, elle est assez fréquente dans le Pliocène; j'ai figuré dans un Mémoire précédent le *P. rarilamella* de l'Eocène; le *P. vesicularis* caractérise la craie supérieure à Meudon comme à Royan, et dans ce dernier gisement il accompagne les Rudistes. Dans toutes ces formes on distingue dans le test des couches celluleuses, analogues à celle que j'ai figurée sur le limbe de la valve supérieure du *P. rarilamella*.

Une coupe transversale montre que la coquille des Pycnodontes est essentiellement formée, comme celle de l'*Ostrea edulis*, par les feuillets des couches internes transparentes, présentant de même, par places, des lacunes

irrégulières dans lesquelles les couches blanches sont remplacées par les couches celluleuses. Leur association intime avec les couches lamelleuses montre qu'il faut également les considérer comme des couches internes.

Dans ces couches, les cellules sont très inégalement développées : sur quelques échantillons jeunes, de petite taille, elles font même complètement défaut et la couche est constituée par de fines lamelles groupées en forme de houppes, tandis que les feuillets intercalés de la couche transparente présentent leur structure habituelle, avec leurs fines lamelles couchées : je les ai vues, dans quelques préparations, formant des faisceaux allongés et anastomosés. Elles se distinguent toujours par leur limpidité, tandis que les impuretés et les déchets se concentrent dans les couches celluleuses; ils mettent en évidence leur structure, ainsi que leur mode de formation.

On voit sur certains points apparaître d'abord des taches claires, puis des vides arrondis, de petite taille, qui augmentent progressivement de grandeur et finissent par former un réseau à mailles arrondies, puis polygonales; les cloisons qui les séparent semblent formées par l'accumulation des impuretés de la pseudo-solution colloïdale originaire. Dans les formes fossiles ces mailles forment de véritables cellules vides, des géodes avec leurs parois tapissées de fins cristaux de calcite.

Dans les *P. cochlear* de Banyuls on distingue sur la valve supérieure, en prolongement des feuillets lamelleux des couches internes, des écailles brunes analogues à celles de l'*Ostrea edulis* et présentant la même structure cristalline. On a vu qu'elles sont facilement caduques, et jusqu'à présent elles n'ont pas été observées sur les fossiles.

Nous retrouvons ainsi sur les Pycnodontes les éléments essentiels de la coquille de l'*O. edulis*, les couches brunes et les couches transparentes, les couches blanches étant remplacées par les couches celluleuses. Cette modification paraît bien résulter des conditions différentes dans lesquelles vivent ces mollusques : l'*O. edulis* habite les eaux sublittorales, tandis que l'*O. cochlear* vit dans des eaux relativement profondes où la nourriture est plus rare; d'où la nécessité d'économiser la matière nécessaire pour la formation de la coquille, économie qui a été réalisée, comme on le fait aujourd'hui dans l'industrie, par un cloisonnement du dépôt, et par la formation de cellules.

En résumé on voit que la coquille des huîtres se trouve caractérisée par l'absence des couches externes; elle est toujours formée des trois mêmes éléments, couche transparente, couche blanche et couche brune; celle-ci étant le prolongement de la couche transparente, ces éléments se réduisent

à deux, la couche lamelleuse (couche transparente et couche brune) et la couche blanche, tantôt compacte, tantôt celluleuse. Ces deux éléments intimement associés ne pouvant être séparés doivent être considérés l'un et l'autre comme des couches internes.

Nous allons retrouver dans la famille des Rudistes deux cas analogues, également caractérisés par l'absence, ou mieux la disparition des couches externes, les Hippurites et les Radiolites.

Rudistes. — Je les ai rattachés aux Cardiidés : on retrouve dans les premières formes, dans les *Diceras* du Jurassique, l'ornementation des *Cardium*, avec des côtes longitudinales caractéristiques. Elle s'atténue parfois, mais reparaît fréquemment jusqu'à la fin du groupe.

La structure du test n'est que rarement bien conservée, étant le plus souvent altéré par la fossilisation; c'est le cas notamment pour les Dicératidés du Jurassique. Il semble cependant que les couches externes sont lamelleuses, comme celles que Cayeux a figurées dans *Cardium edule*, où elles sont groupées en faisceaux.

Dans les Réquiénidés du Crétacé inférieur, elles se distinguent dans les coupes par leur couleur foncée, presque noire; au microscope elles se montrent formées de bandes parallèles, alternativement claires et foncées, ayant environ $0^{mm},025$ sur une de mes préparations; elles semblent correspondre aux lignes d'accroissement de la surface extérieure. Les couches internes sont transformées en calcite largement cristallisée.

A l'origine du groupe des formes inverses (fixées par la valve droite), les *Monopleura* ont conservé la couche externe costulée des *Diceras;* elle est toujours plus ou moins décomposée, tandis que les couches internes sont comme précédemment, en calcite largement cristallisée.

Dans les Caprinidés, la coupe que j'ai donnée, en 1933, de la *Caprina parvula* du Crétacé inférieur, montre une couche externe bien développée et nettement striée, tandis que les couches internes, y compris celles de la région des canaux, en dehors du muscle postérieur, sont comme dans les cas précédents transformées en calcite.

Dans le Cénomanien les cloisons et les canaux se développent; elles se compliquent dans les *Plagioptychus* de la craie supérieure; dans les *Caprinula* elles forment un véritable réseau, toujours dans cette même région marginale des couches internes, où le manteau était traversé par les filets nerveux, filets émis par le ganglion postérieur, plaqué sur le muscle postérieur. Je rappelle que c'est dans cette région que se déposait la couche blanche dans l'*Ostrea edulis*.

La couche externe s'est amincie, de sorte que la valve inférieure est presque entièrement constituée par les couches internes.

Hippurites. — J'ai fait voir que ce genre dérivait des Caprinidés; mais le développement change : la forme qui était spirale devient conique, et en même temps la couche externe, déjà bien diminuée dans les Caprines, disparaît complètement: les canaux rayonnants conservés dans la valve supérieure peuvent alors s'ouvrir directement au dehors, de là les *pores* si caractéristiques de ce genre. La valve inférieure, par suite de la disparition de la couche externe, se trouve entièrement formée par les couches internes, c'est la partie marginale de celles-ci, en dehors du muscle postérieur, qui forme le limbe; celui-ci se trouve ainsi correspondre à la couche blanche de l'*Ostrea edulis*. Du reste une coupe en lame mince montre qu'elle est précisément formée comme celle-ci de fines lamelles entrecroisées. On ne peut donc les considérer comme des couches externes, ainsi qu'on l'a fait d'habitude.

Une autre analogie à signaler, c'est la présence, au-dessous de la cavité centrale, de larges lacunes, entre les feuillets de la couche lamelleuse, reproduisant exactement les « chambres à eau » de l'*O. edulis*.

Les dents de la charnière et les apophytes musculaires sont comme toujours dans la dépendance des couches internes.

Radiolites. — Ils dérivent également des *Monopleura*, mais ici nous passons brusquement de la forme spiralée à la forme conique des *Agria*.

Nous avons vu que, dans ces conditions, la couche externe disparaissait dans les Hippurites, il en est de même ici, et la coquille des Radiolites n'est plus formée que des deux éléments, couches lamelleuses et couches blanches. Dans un grand nombre de gisements, ils accompagnent les Pycnodontes, comme eux ils doivent faire économie de matière et les couches blanches seront de même celluleuses. Les cloisons qui limitent les cellules, formées principalement par le refoulement des matières étrangères, sont normales aux couches, elles se prolongent d'un feuillet au suivant, et constituent ainsi des sortes de prismes polygonaux, ou plutôt de pseudoprismes qui sont vides et par conséquent bien différents des prismes pleins, constituant les couches externes des Aviculidés.

C'est cette structure que Cayeux a désignée comme cellulo-prismatique, désignation qui pourrait prêter à confusion, Carpenter ayant appelé « prismatic cellular » la couche prismatique des *Pinna*, ainsi qu'un réseau de l'*O. edulis*, qui ne peut provenir que de la couche brune; dans les deux cas les cellules en question sont pleines. Cayeux a figuré plusieurs

exemples de cette structure : dans *Eoradiolites* les cloisons minces très nettes se distinguent bien des couches lamelleuses d'épaisseur variable et toujours un peu floues; dans la coupe des Radiolites (empruntée à Zittel) les cellules sont vides et la couche transverse supérieure montre le réseau polygonal de la couche brune; les échantillons de *Durania Mortoni* du Tourtia de Tournay présentent exactement la même disposition; les lames transverses sont toujours très minces.

Dans ces Sauvagesiinés les prismes sont très courts et normaux au limbe; ils sont au contraire allongés et couchés sur le limbe dans les *Radiolites* (s. str.) et dans les *Sphérulites*, mais toujours croisés par des lames d'accroissement assez écartées, représentant les couches lamelleuses.

Comme nous venons de le voir, les couches pseudo-prismatiques si caractéristiques de ce groupe, correspondent aux couches blanches de l'*O. edulis*, ce sont donc des couches internes, et non des couches externes, comme on l'avait pensé jusqu'à présent.

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie des différents volumes donnant le compte rendu du *Congrès international des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*, qui s'est tenu à Paris en octobre 1935 et dont il était Président.

Il rappelle l'importance de ce Congrès, tant au point de vue des délégations étrangères qu'au point de vue des questions qui ont été traitées. Il tient aussi à indiquer que M. *Henry Le Chatelier* en était le Président d'honneur.

M. **Georges Perrier** fait hommage à l'Académie d'un volume publié par le Service géographique de l'Armée, intitulé *Rapport sur les travaux exécutés du 1er août 1914 au 31 décembre 1919*.

Ce volume pourrait fort justement être appelé *Rapport de guerre du Service géographique*. Il donne une idée de l'activité intense déployée par le Service à l'intérieur et sur tous les fronts au cours de la grande guerre.

Ce document, pour des raisons diverses, s'est fait longtemps attendre, et nous devons nous féliciter qu'il ait enfin paru.

L'ouvrage débute par une liste émouvante du personnel du Service géographique mort pour la France, personnel comptant au Service géographique au 2 août 1914 : 45 pertes, dont 22 officiers, personnel

ayant compté antérieurement au Service géographique : 40 pertes, dont 38 officiers. Total : 85 pertes, dont 60 officiers.

Depuis la mobilisation, le Service géographique a sans cesse étendu ses attributions et développé son organisation à la demande des multiples besoins qui se sont révélés successivement, adaptant rapidement son fonctionnement aux circonstances. C'est ainsi qu'ont été créés :

Aux Armées, les Groupes de Canevas de Tir; les Sections topographiques de Corps d'Armées et de Divisions, les Sections de repérage par le son, les Sections de recherche de renseignements par observations terrestres, les trains d'imprimerie, les cours spéciaux aux officiers orienteurs d'artillerie, etc.

A l'intérieur, le Bureau météorologique militaire, le Service des fabrications d'optique, etc.

On trouvera en annexe à l'ouvrage présenté une liste réellement imposante du personnel dont le dévouement a permis l'effort considérable fait pendant la guerre par le Service géographique de l'Armée : officiers de l'Armée active et officiers de complément de toutes armes, Ingénieurs Hydrographes de la Marine mis à la disposition du Ministère de la Guerre, etc.

N'oublions pas de citer particulièrement l'important et délicat Service des Sections de repérage où bon nombre de savants, dont quelques-uns des membres actuels de l'Académie, ont à la fois étudié au point de vue théorique les problèmes du repérage par le son et pratiquement commandé des Sections de repérage aux Armées.

Le général Perrier s'excuse de présenter ce volume qui fut rédigé au Service géographique sous la direction du général Bellot, directeur de ce Service, de 1919 à 1935. Cette présentation revenait au général Bourgeois, qui en fut le directeur et l'animateur pendant toute la guerre et auquel revient pour la plus large part l'honneur des services rendus par cet Établissement à la cause nationale. Mais le général Bourgeois, pour des raisons de modestie peut-être exagérées, n'a pas voulu s'en charger.

NOMINATIONS.

MM. E. **Leclainche** et G. **Moussu** sont désignés pour représenter l'Académie à la séance solennelle de l'*Académie vétérinaire de France*, le jeudi 3 décembre 1936.

MM. **R. Bourgeois**, **G. Perrier**, **Ch. Fabry** sont désignés pour représenter l'Académie au *Conseil international des Unions scientifiques*, le mardi 27 avril 1937 et jours suivants, à Londres, dans les locaux de la *Royal Society*.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Borel**, **E. Jouguet**, pour la Division des Sciences mathématiques ; MM. **F. Mesnil**, **M. Molliard**, pour la Division des Sciences physiques ; MM. **P. Sabatier**, **L. Cuénot**, pour la Division des Membres non résidants, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, présentera une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *Charles Nicolle*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à une place de Membre titulaire du Bureau des Longitudes, pour la première ligne, M. *Ch. Maurain* obtient 44 suffrages contre 1 à M. *A. Lambert*; il y a 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *A. Lambert* obtient 35 suffrages; il y a 1 bulletin blanc et 1 bulletin nul.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne.............. M. **Charles Maurain**.
En seconde ligne.............. M. **Armand Lambert**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

F. Bedeau. *Cours élémentaire de Télégraphie et de Téléphonie sans fil.* Préface de M. le général Ferrié. (Présenté par M. Ch. Fabry.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des équations non linéaires aux dérivées partielles.* Note [1] de M. **Raziuddin Siddiqi.**

En généralisant les résultats déjà obtenus [2], nous considérons l'équation non linéaire

$$(1)\qquad \frac{\partial}{\partial x}\left\{p(x)\frac{\partial u}{\partial x}\right\}-\frac{\partial u}{\partial t}=\sum_{r,s}^{1\ldots\infty}p_{r,s}(x,t)\,u^r\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^s$$

pour les conditions aux limites

$$(2)\qquad u(0,t)=u(\pi,t)=0 \qquad \text{pour tous } t \text{ dans } 0\leqq t<\infty.$$

$$(3)\qquad u(x,0)=f(x) \qquad \text{pour tous } x \text{ dans } 0\leqq x\leqq\pi.$$

Nous supposons que la fonction donnée $f(x)$ peut être développée sous la forme $f(x)=\sum_n c_n\varphi_n(x)$, les $\varphi_n(x)$ étant les fonctions propres de Sturm-Liouville, et nous trouvons la solution $u(x,t)$ sous forme de série

$$(4)\qquad u(x,t)=\sum_n v_n(t)\,\varphi_n(x).$$

Nous avons ainsi

$$(5)\qquad p_{r,s}(x,t)\,u^r\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^s=\sum_n z_n(r,s;t)\,\varphi_n(x),$$

$$(6)\quad z_n(r,s;t)=\sum_{k_1,\ldots,l_s}^{1\ldots\infty}b_n v_{k_1}(t)\ldots v_{l_s}(t),\qquad b_n=\int_0^\pi p_{r,s}\,\varphi_{k_1}\ldots\varphi_{k_r}\frac{d\varphi_{l_1}}{dx}\ldots\frac{d\varphi_{l_s}}{dx}\varphi_n\,dx.$$

Si nous substituons (4) et (5) à (1), nous trouvons

$$(7)\qquad -\sum_n\lambda_n v_n(t)\,\varphi_n(x)-\sum_n\frac{dv_n}{dt}\varphi_n(x)=\sum_n\sum_{r,s}z_n(r,s;t)\,\varphi_n(x).$$

Nous obtenons ainsi, pour tous les $n\geqq 1$,

$$(8)\qquad \frac{dv_n}{dt}+\lambda_n v_n(t)=-\sum_{r,s}z_n(r,s;t),$$

---

[1] Séance du 3 novembre 1936.

[2] *Math. Zeitschrift*, 35, 1932, p. 464; 40, 1935, p. 484.

dont la solution satisfaisant à $v_n(0) = c_n$ est

$$(9)\qquad v_n(t) = c_n e^{-\lambda_n t} - \int_0^t e^{-\lambda_n(t-y)} \sum_{r,s} z_n(r, s; y)\, dy.$$

En écrivant $\omega_n(t) = \lambda_n^{3/2} v_n(t)$, $\gamma_n = \lambda_n^{3/2} c_n$, nous obtenons de (9)

$$(10)\qquad \omega_n(t) = \gamma_n e^{-\lambda_n t} - \lambda_n^{\frac{3}{2}} \int_0^t e^{-\lambda_n(t-y)} \sum_{r,s} \sum_{k_1,\ldots,l_s} \frac{b_n}{(\lambda_{k_1}\ldots\lambda_{l_s})^{\frac{3}{2}}} \omega_{k_1}(y)\ldots\omega_{l_s}(y)\, dy.$$

Nous résolvons ce système par les approximations successives

$$(11)\qquad \begin{cases} \omega_n^{(0)}(t) = \gamma_n e^{-\lambda_n t} \\ \text{et, pour } m \geqq 1, \\ \omega_n^{(m)}(t) = \gamma_n e^{-\lambda_n t} - \lambda_n^{\frac{3}{2}} \displaystyle\int_0^t e^{-\lambda_n(t-y)} \sum_{r,s} \sum_{k_1,\ldots,l_s} \frac{b_n}{(\lambda_{k_1}\ldots\lambda_{l_s})^{\frac{3}{2}}} \omega_{k_1}^{(m-1)}(y)\ldots\omega_{l_s}^{(m-1)}(y)\, dy. \end{cases}$$

Tout d'abord nous montrerons que, pour les nombres entiers $k_1, \ldots, l_s$, la série $\sum_n \sqrt{\lambda_n}\,|b_n|/(\lambda_{k_1}\ldots\lambda_{l_s})^{3/2}$ est uniformément convergente.

Ensuite nous démontrerons que les séries

$$(12)\qquad \sum_n |\omega_n^{(m)}(t)| \quad (m = 0, 1, 2, \ldots), \qquad \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} |\omega_n^{(m+1)}(t) - \omega_n^{(m)}(t)|$$

sont aussi uniformément convergentes. Ceci montre que toutes les fonctions limites $\omega_n(t) = \lim_{m \to \infty} \omega_n^{(m)}(t)$ existent et que $\sum_n |\omega_n(t)|$ est uniformément convergent.

En supposant que le système (11) a une autre solution $\overline{\omega}_n(t)$, il peut être démontré que $\lim_{m \to \infty} \sum_{n=1}^{\infty} |\overline{\omega}_n(t) - \omega_n^{(m)}(t)| = 0$, ce qui nous donne

$$\overline{\omega}_n(t) = \lim_{m \to \infty} \omega_n^{(m)}(t) = \omega_n(t) \qquad \text{pour tous } n \geqq 1 \text{ et pour tous les } t \geqq 0$$

et montre que les deux solutions sont identiques. Les coefficients $v_n(t)$ sont complètement déterminés et nous obtenons la solution cherchée du problème.

Si nous prenons un domaine non rectangulaire, limité par l'axe de x et les deux courbes $x = h_1(t)$, $x = h_2(t)$, nous trouvons qu'en prenant les

nouvelles variables x', t' donné par

$$x' = \pi \frac{x - h_1(t)}{h_2(t) - h_1(t)}, \qquad t' = \pi^2 \int_0^t \frac{dt}{\{h_2(t) - h_1(t)\}^2},$$

le problème peut être réduit à un domaine rectangulaire.

De même, si la condition aux limites (2) est remplacée par la condition mixte

$$u(0, t) = 0; \qquad \frac{\partial u}{\partial x}(\pi, t) = 0,$$

nous prolongeons la fonction dans l'intervalle $\pi \leq x \leq 2\pi$, conformément à la méthode des images et faisons dépendre le problème de celui considéré ci-dessus.

Nous remarquons finalement que la méthode est applicable aux équations d'ordre supérieur aussi bien qu'aux systèmes d'équations et aux équations en plusieurs variables indépendantes. J'ai développé une méthode analogue pour l'équation du type hyperbolique (¹).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'approximation des fonctions périodiques par des polynomes trigonométriques*. Note (²) de M. **J. Favard**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit $f(x)$ une fonction de période 2π admettant une dérivée d'ordre n, $f^{(n)}(x)$, sommable et bornée en module par M_n,

$$f(x) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx).$$

En désignant par m un entier positif, on sait (³) que $f(x)$ est susceptible d'une représentation trigonométrique, d'ordre inférieur à m, avec une erreur ne dépassant pas

$$\text{(1)} \qquad K(n) \frac{M_n}{m^n}.$$

(¹) *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 31, 1935, p. 195.

(²) Séance du 23 novembre 1936.

(³) Voir Ch. de La Vallée-Poussin, *Leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle*, Paris.

J'ai pu déterminer exactement la fonction $K(n)$ et j'ai trouvé

$$K(n) = \left(\frac{\pi}{2}\right)^n \frac{|E_n - C_n|}{n!} \qquad \left[\lim_{n\to\infty} K(n) = \frac{4}{\pi};\ K(n) \leq K(1) = \frac{\pi}{2}\right].$$

Ainsi la meilleure approximation de $f(x)$ par un polynome trigonométrique d'ordre inférieur à m, ne dépasse pas la borne (1), mais cette borne est atteinte pour une fonction particulière. La méthode donne aussi un procédé régulier d'approximation conduisant à une erreur ne dépassant pas (1).

Considérons à présent un procédé régulier d'approximation, c'est-à-dire supposons données une suite de constantes :

$$\gamma_k^m \qquad (k = 1, 2, \ldots, m-1;\ m = 1, 2, \ldots)$$

et posons

$$\left| f(x) - a_0 - \sum_{k=1}^{m-1} \gamma_k^m (a_k \cos kx + b_k \sin kx) \right| \leq K_m^\gamma(n) M_n,$$

puis

$$A_k = (-1)^{\frac{(n-1)(n-2)}{2}} \frac{2 \cdot n!}{(2\pi k)^n} \gamma_k^m$$

et

$$\varphi_m^\gamma(z) = B_n(1-z) - \sum_{k=1}^{m-1} A_k \frac{\sin}{\cos} 2\pi k z \qquad \left[\begin{matrix}\sin\ (n \text{ impair})\\ \cos\ (n \text{ pair})\end{matrix}\right].$$

La meilleure valeur de $K_m^\gamma(n)$, pour les fonctions de la classe considérée, est égale au minimum de l'intégrale

$$\frac{(2\pi)^n}{n!} \int_0^1 |\varphi_m^\gamma(z) - A_0|\, dz$$

lorsque A_0 varie.

L'ordre de grandeur de ces constantes semble difficile à évaluer, même dans les cas simples des sommes de Fourier ou de Féjer et, jusqu'ici, je n'ai pu trouver mieux que les évaluations connues.

Lorsque $f^{(n)}(x)$ admet un module de continuité $\omega_n(\delta)$, on sait que $f(x)$ est susceptible d'une représentation trigonométrique d'ordre inférieur à m, avec une erreur ne dépassant pas

$$(2) \qquad K_1(n) \frac{\omega_n\left(\frac{\pi}{m}\right)}{m^n}.$$

Théoriquement on peut déterminer exactement $K_1(n)$ et indiquer un

procédé régulier d'approximation conduisant à une erreur ne dépassant pas (2).

Il est aussi possible de donner l'expression la plus favorable de l'erreur pour un procédé d'approximation donné.

Enfin les problèmes analogues peuvent être résolus lorsqu'on suppose seulement sur la fonction $f(x)$ qu'elle admet un module de continuité donné, ou bien que $f^{(m)}(x)$ appartient à la classe $L^p (p > 1)$.

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Sur les solutions asymptotiques d'équations différentielles biologiques.* Note de M. **V. A. Kostitzin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

M. A. Kolmogoroff [1] attire l'attention sur l'existence possible des solutions asymptotiques du système d'équations différentielles

$$x' = \varphi(x, y), \qquad y' = \psi(x, y). \tag{1}$$

Cette remarque avait déjà été faite par M. A. J. Lotka [2] qui le premier a étudié le système (1) dans ses rapports avec des problèmes biologiques, et d'ailleurs elle résulte immédiatement des recherches bien connues de H. Poincaré et de M. E. Picard. Dans la Note présente, je montre que cette particularité peut réellement avoir lieu dans des cas relativement simples. Considérons dans ce but le système suivant :

$$\begin{cases} x' = \varepsilon x - \lambda y - x(\alpha^2 x^2 + \beta^2 y^2), \\ y' = \varepsilon y + \lambda x - y(\alpha^2 y^2 + \beta^2 x^2). \end{cases} \tag{2}$$

Ce système ne diffère des équations biologiques habituelles que par l'ordre des termes limitatifs, lequel est égal à 3 et non pas à 2; mais les relations entre les espèces ne se réduisent pas toujours à la concurrence dans le sens élémentaire du mot, et l'existence de termes d'ordre supérieur à 2 est fort possible.

Introduisons les coordonnées polaires (r, θ), ce qui donne

$$\begin{cases} \dfrac{r'}{r} = \varepsilon - r^2\left[\alpha^2 \cos^2 2\theta + \dfrac{1}{2}(\beta^2 + \alpha^2)\sin^2 2\theta\right], \\ \theta' = \lambda - \dfrac{r^2}{2}(\beta^2 - \alpha^2)\sin 2\theta \cos 2\theta. \end{cases} \tag{3}$$

---

(1) *Giorn. Ist. Ital. Att.*, 7, 1936, p. 74-80.

(2) *Elements of physical Biology*, Baltimore, 1925, p. 147-148.

Supposons le coefficient de multiplication ε positif. La courbe

$$(4) \qquad r' = 0, \qquad r^2 = \frac{\varepsilon}{\alpha^2 \cos^2 2\theta + \frac{1}{2}(\beta^2 + \alpha^2)\sin^2 2\theta}$$

est fermée, et le rayon-vecteur oscille entre $\sqrt{2\varepsilon/\beta^2 + \alpha^2}$ et $\sqrt{\varepsilon}/\alpha$. A l'intérieur de cette courbe, r' est positif; à l'extérieur, r' est négatif. La courbe

$$(5) \qquad \theta' = 0, \qquad r^2 = \frac{2\lambda}{(\beta^2 - \alpha^2)\sin 2\theta \cos 2\theta}$$

décompose le plan (r, θ) en deux régions où θ' a des signes différents. Une de ces régions est d'un seul tenant et a la forme d'une croix; l'autre comprend quatre domaines restant en dehors de cette croix.

Dans le cas de

$$(6) \qquad 8\lambda^2\alpha^2(\beta^2 + \alpha^2) > \varepsilon^2(\beta^2 - \alpha^2)^2,$$

la région de r' positif se trouve en entier dans la région cruciforme

$$r^2 < \frac{2\lambda}{(\beta^2 - \alpha^2)\sin 2\theta \cos 2\theta}.$$

Dans ces conditions, un état (x, y) se trouvant à l'intérieur de la courbe fermée (4) passe au bout d'un temps fini dans la région extérieure; de même, un état se trouvant à l'extérieur, passe au bout d'un temps fini à l'intérieur de la courbe (4). Il est facile de montrer que, pour t indéfiniment croissant, n'importe quelle courbe intégrale du système (2) s'approche de plus en plus d'une certaine courbe fermée limite, et le processus tend vers un état limite périodique.

Les équations (2) se prêtent à des transformations, à des déformations très larges sans que la nature asymptotique des solutions se perde.

Un cas analogue peut avoir lieu lorsque les coefficients vitaux des équations biologiques

$$x' = x(\varepsilon_1 - h_{11}x - h_{12}y), \qquad y' = y(\varepsilon_2 - h_{21}x - h_{22}y)$$

varient avec la région du plan (x, y). Dans ces conditions, le plan (x, y) se subdivise en régions où les relations entre les groupes (x, y) sont exprimées par des équations du même type mais avec des coefficients vitaux différents, et il peut arriver, comme résultat, l'établissement d'un régime tendant asymptotiquement vers un état périodique.

Dans chaque cas particulier, on peut apprécier numériquement la proba-

bilité de l'établissement d'un régime asymptotique. On a ainsi, avec les périodicités de relaxation, un type du périodomorphisme qui doit être assez fréquent dans la nature et qui contribue à l'ordonnement du chaos et à la réalisation locale des états rares.

HYDRODYNAMIQUE. — *Étude du frottement d'un solide en déplacement dans l'eau.* Note de M. **Edmond Brun**, présentée par M. Charles Fabry.

Pour poursuivre les études effectuées sur le frottement des solides en déplacement dans les fluides [1] en prenant, comme fluides, des liquides au lieu de gaz, le dispositif suivant a été réalisé : dans une grande cuve ($100^{cm} \times 100^{cm} \times 110^{cm}$), pleine d'eau, peut tourner, autour d'un axe vertical, un disque horizontal en ébonite (épaisseur, 1^{cm}; diamètre, 47^{cm}); la vitesse de rotation peut atteindre 20 tours/seconde. Nous avons mesuré, quand le disque est en rotation : 1° la différence de température permanente entre un point du disque et l'eau; 2° la puissance dissipée par le frottement du disque dans l'eau.

1° *Différence de température permanente entre le solide et l'eau.* — Sur la face supérieure du disque sont serties six petites pastilles de cuivre disposées sur une circonférence de $21^{cm},6$ de rayon; et sept autres pastilles identiques, sur une circonférence de $7^{cm},2$ de rayon; les pastilles affleurent bien à la surface du disque et ont une surface de contact, avec l'ébonite, la plus réduite possible; elles sont recouvertes d'une très mince couche de vernis destinée à les isoler électriquement de l'eau; elles servent de soudures à six thermocouples manganine-constantan permettant de mesurer, au cours de la rotation, la différence de température entre deux points du disque situés à des distances de l'axe respectivement égales à $21^{cm},6$ et $7^{cm},2$. Le courant thermoélectrique est amené, à partir de deux soudures centrales, par des fils de cuivre passant à l'intérieur de l'axe creux, à deux contacts tournants à mercure et, de là, à un galvanomètre sensible.

Quand le disque a pris une vitesse de régime, une différence de température constante ne tarde pas à s'établir entre les soudures périphériques et centrales. Elle est proportionnelle au carré de la vitesse de rotation, ce qui indique qu'un point du disque, animé de la vitesse v, présente, sur l'eau,

---

(1) Brun et Vernotte, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 594 et **195**, 1932, p. 302; Brun, *Ibid.*, **196**, 1933, p. 1960; **198**, 1934, p. 899; **198**, 1933, p. 1213 et **199**, 1934, p. 829; Brun et Le Cardonnel, *Ibid.*, **202**, 1936, p. 555.

une élévation de température θ égale à Kv^2. Quand la vitesse varie de 15 m/s à 25 m/s, la constance du rapport θ/v^2 est vérifiée à ± 2 pour 100 près. Le nombre K, calculé sans tenir compte de la vitesse radiale est égal à $11,1.10^{-4}$ degré/(m/s)^2, à la température de 12°. En tenant compte de cette vitesse, il doit être égal à $10,6.10^{-4}$, environ.

L'expression $K = \eta/2k$, dérivée d'une explication simple déjà exposée (*loc. cit.*), donne une valeur qui concorde d'une manière remarquable (11.10^{-4}, à 12°) avec la valeur expérimentale. Au contraire, la théorie de Polhausen donne un résultat trois fois plus petit.

2° *Énergie dissipée par le frottement du disque.* — Cette énergie se mesure avec une bonne précision en se servant de la cuve métallique (qui repose sur des supports en bois) comme d'un calorimètre. Par suite de la faible surface de refroidissement par unité de capacité thermique, la fuite thermique est faible et peut être aisément corrigée. Finalement, l'énergie peut être mesurée, à 1 ou 2 pour 100 près, aux diverses vitesses. De la valeur de l'énergie W, dissipée au bout de t secondes, il est possible de passer au couple C qui agit sur le disque (puisque $W = 2\pi n C t$, où n est le nombre de tours par seconde), et d'atteindre la valeur de ce couple avec une précision au moins égale à celle que permettent les mesures mécaniques.

Les mesures, effectuées pour des nombres de Reynolds ($N = \omega R^2/\nu$) compris entre 3.10^6 et 5.10^6, intéressent un domaine non encore exploré. Les valeurs du coefficient non dimensionnel $2C/\rho\omega^2 R^5$ se placent bien sur la courbe extrapolée de M. Riabouchinsky [1]; elles paraissent supérieures d'à peine quelques pour-cent aux valeurs que l'on déduirait de la courbe que nous avons déjà obtenue, dans le cas de l'air, pour des nombres de Reynolds plus petits [2]. Nous trouvons là encore, dans le cas des rotations, qu'il est justifié de faire intervenir des considérations de similitude.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur certaines lois de gravitation correctives de la loi de Newton.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

M. Hély [3] a esquissé une théorie de la gravitation et de l'électromagnétisme, dans laquelle le mouvement des planètes au voisinage

---

[1] *Bulletin de l'Inst. Aérodyn. de Koutchino*, fasc. V, 1914, p. 1.

[2] Brun, *Publ. scientif. du Ministère de l'Air*, **63**, 1935, p. 40.

[3] *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1659 et 1903.

du Soleil est défini par les géodésiques du ds^2

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2\mu}{c^2 r} - \frac{6\mu^2}{c^4 r^2}\right)(c^2\, dt^2 - d\sigma^2) = \mathrm{U}(c^2\, dt^2 - d\sigma^2),$$

où t désigne le temps, $d\sigma^2$ le carré de l'élément linéaire euclidien de l'espace, r la distance au centre du Soleil, μ le coefficient attractif képlérien de celui-ci, et enfin c la vitesse de la lumière considérée comme une constante. Au sujet de cette loi de gravitation je voudrais faire deux remarques.

I. Supposons le mouvement d'un point matériel P défini par les géodésiques d'un ds^2 *statique à quatre variables*, soit

$$ds^2 = \frac{dt^2}{\mathrm{U}_1} - d\sigma_1^2,$$

où t désigne le temps, $d\sigma_1^2$ un ds^2 formé avec trois coordonnées d'espace quelconques et U_1 une fonction de ces trois coordonnées. Selon une proposition présentant une certaine analogie de forme avec le principe de Maupertuis, les trajectoires du point P sont les géodésiques du ds^2 à trois variables

$$ds_1^2 = (\mathrm{U}_1 + h)\, d\sigma_1^2,$$

h désignant une constante arbitraire, négative si U_1 et ds^2 sont positifs; et, comme dans le principe de Maupertuis, la loi du mouvement sur chaque trajectoire est déterminée ensuite par une quadrature.

Par application de la proposition précédente, *les orbites des planètes autour du Soleil* sont définies, selon la loi de gravitation énoncée, par les géodésiques du ds^2

$$ds_1^2 = \left(\frac{1}{c^2\mathrm{U}} + h\right)\mathrm{U}\, d\sigma^2 = h\left(\mathrm{U} + \frac{1}{c^2 h}\right) d\sigma^2,$$

h désignant une constante négative arbitraire; par comparaison avec le principe de Maupertuis, on déduit que ces orbites *sont les mêmes que si chaque planète était soumise, par unité de masse, à une fonction dérivant* de la fonction $k\mathrm{U}$, k désignant une constante négative arbitraire, et en particulier *de la fonction*

$$-\frac{c^2}{2}\mathrm{U} \quad \text{ou} \quad \frac{\mu}{r} + \frac{3\mu^2}{c^2 r^2}.$$

La vérification est aisée. Prenons trois coordonnées cartésiennes rectangulaires x, y, z $\left(r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\right)$: les mouvements considérés sont définis par la condition

$$\delta \int \sqrt{\mathrm{U}(c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2)}\, dt = \delta \int f\, dt = 0,$$

où l'on figure par des accents les dérivations par rapport au temps t. Or les trois équations d'Euler relatives aux trois fonctions x, y, z admettent, puisque f ne dépend pas explicitement de t, l'intégrale

$$f - \mathrm{S}x'\frac{\partial f}{\partial x'} = \sqrt{\mathrm{U}}\left(\sqrt{c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2} + \frac{x'^2 + y'^2 + z'^2}{\sqrt{c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2}}\right)$$
$$= \frac{\sqrt{\mathrm{U}}\,c^2}{\sqrt{c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2}} = \frac{c^2}{\sqrt{-2k}},$$

k désignant une constante négative arbitraire. L'équation d'Euler relative à la fonction x est

$$\frac{d}{dt}\left(\sqrt{\mathrm{U}}\,\frac{-x'}{\sqrt{c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2}}\right) = \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial x}\,\frac{\sqrt{c^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2}}{2\sqrt{\mathrm{U}}};$$

et, compte tenu de l'intégrale qui précède, les trois équations d'Euler peuvent s'écrire

$$x'' = k\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial x}, \qquad y'' = k\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial y}, \qquad z'' = k\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial z}.$$

Par conséquent, si l'on élimine le temps entre ces trois équations, la constante k se trouve éliminée par là-même : les trajectoires du point x, y, z sont les mêmes que s'il était soumis, par unité de masse, à une force dérivant de la fonction $k\mathrm{U}$.

2. Par suite, dans le mouvement des planètes autour du Soleil, pour appliquer la loi proposée, on peut ajouter à l'attraction newtonienne $-\mu/r^2$ l'attraction variant en raison inverse du cube de la distance $-6\mu^2/c^2r^3$. Une telle correction donne une avance des périhélies par rapport à la théorie newtonienne égale par révolution à $6\pi\mu/c^2a(1-e^2)$, $2a$ désignant la longueur du grand axe et e l'excentricité de l'orbite. La valeur obtenue explique parfaitement, dans l'état actuel des observations et des calculs, l'avance observée du périhélie de Mercure, voisine de 43″ par siècle, sans introduire de perturbation dans les mouvements des périhélies des autres planètes ni des périastres des satellites. Et d'ailleurs cette avance des périhélies exprime pour ainsi dire tout le contenu vérifiable de la loi de gravitation considérée.

Mais, sous la dernière forme cette loi a été souvent proposée ([1]), parmi une infinité de lois correctives dépendant de constantes arbitraires, et qui

---

([1]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 285 et 666.

expliquent de même l'avance du périhélie de Mercure. Toutefois, parmi ces lois, elle est la plus simple, ou l'une des plus simples; et il serait intéressant qu'une origine nouvelle qui lui serait donnée, ou que la théorie électromagnétique connexe, apportât en faveur de cette loi connue un argument nouveau.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de la Nova Lacertæ observé à la Grande Lunette de Meudon.* Note de M. **Henri Camichel**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans cette Note j'expose les résultats d'une première étude des spectres de la Nova Lacertæ que j'ai obtenus avec le spectrographe de la Grande Lunette de Meudon déjà utilisé pour la N. Herculis [1]. Les clichés ont été pris du 19 juin au 9 juillet; ils donnent le spectre depuis H_α jusqu'à H_β, par suite du spectre secondaire de l'objectif la région voisine de H_β est souvent sous-exposée. J'ai mesuré la position des raies sur les enregistrements obtenus au microphotomètre Moll. Les spectres présentent, comme il est habituel pour les Novæ, une rapide variation au moment du maximum. Ils ont tous cependant un caractère commun, c'est la présence des deux raies D_1 et D_2 du sodium interstellaire. Elles sont fines, leur position est bien constante, leur longueur d'onde moyenne est : 5896,0 Å pour D_1 et 5889,9 Å pour D_2, ce qui donne des déplacements de $+0,1$ et $-0,1$ Å.

Le contour des raies H_α et H_β a varié de la façon suivante : Avant le maximum H_α est visible en émission à sa place normale, il est bordé vers le violet par sa raie d'absorption large et intense décalée de 26,8 Å le 19 et de 27,7 le 20, ce qui correspond à des vitesses d'approche de 1225 et 1265 km/sec. Après le maximum cette raie d'absorption disparaît et la raie d'émission se modifie. Du 23 au 29 elle a un maximum d'intensité déplacé vers le violet de 12 à 13 Å. Un second maximum à 12 Å vers le rouge apparaît vers le 26 et à partir du 29 celui-ci subsiste seul. La raie d'émission H_β présente une évolution tout à fait analogue, les déplacements qui sont de ± 8 à 10 Å correspondent à la même vitesse.

Dans la phase précédant le maximum le spectre est traversé de raies d'absorption nombreuses et pour la plupart fines, les seules raies larges

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 286.

sont H_α et $D_1 D_2$ presque confondues. Mes clichés ne montrent pas de raies d'émission certaines, H_α excepté.

Le premier tableau indique les raies d'absorption dans cette période :

19 juin.			20 juin.			Identification.		
λ.	Δλ.	Δλ/λ.	λ.	Δλ.	Δλ/λ.	λ.	λ moyen.	
6516,7	–	–	6512,2	–	–	?		
6430,7	−24,1	37,3	6425,1	−29,7	46,0	6456,1 6454,6 6453,7	6454,8	OI
6452,3	–	–	–	–	–	?		
6324,2	−22,9	36,1	6318,2	−28,9	45,5	6347,1		Si II ?
6281,8	−20,2	32,1	6278,4	−23,6	37,5	6302,5 6301,5	6302,0	Fe I
6132,8	−24,2	39,4	6129,4	−27,6	44,9	6158,2 6156,8 6156,0	6157,0	OI
–	–	–	5868,3	−27,6		5895,9 D_1		Na I
–	–	–	5863,6	−26,4		5890,0 D_2		
5297,5	(−32,3)	–	5303,2	−26,6	49,9	5330,7 5329,6 5329,0	5329,8	OI
5254,7	−20,4	38,8	5248,8	−26,3	49,9	5275,1		OI
5215,5	−19,1	36,5	5211,5	−23,1	44,2	5231,6		Fe II
5149,6	−19,5	37,3	5144,4	−24,7	47,8	5169,1		Fe II

Dans la seconde phase les raies d'absorption précédentes ont disparu. Les raies d'émission ont l'aspect de larges bandes aux bords mal définis; elles ne sont généralement pas bordées de leur raie d'absorption du côté violet. La seule raie d'absorption dont la présence soit certaine sur mes clichés est à 5850 Å ; elle peut être attribuée soit à la raie D_3 de l'hélium, soit à la raie double $D_1 D_2$ du sodium; les déplacements correspondants sont 25,6 Å et 43 Å (1300 km/sec et 2650 km/sec). En émission il n'y a pas trace de D_3, mais $D_1 D_2$ semblent présents. Le 9 juillet la Nova approche de la phase nébulaire, la plus grande partie de la lumière est émise par $H\alpha$; bien que le cliché soit surexposé pour cette raie le fond continu n'est pas venu et il n'y a pas trace des raies vertes du nébulium.

Le second tableau indique les principales raies d'émission de la deuxième période :

λ.	Largeur de la bande.			Identification et remarques.
6450......	40	6456,1 6454,6 6453,7	6454,8	OI
6240......	40	6247,6		FeII
6150......	30	6158,2 6156,8 6156,0	6157,0	OI ou { 6147,7 ; 6149,3 } 6148,5 FeII
5751......	31	5754,8		NII raie interdite n'est visible que le 7 juillet.
5700......	60	–		Sans doute mélange de plusieurs raies
5530......	30	5530,3 5535,4 5543,5	5535,4	NII
5315......	40	5316,6		FeII
5170......	20	5169,1		FeII } même multiplet $a^6S - z^6P^0$
5018......	30	5018,5		FeII } même multiplet $a^6S - z^6P^0$
4920......	30	4923,9		FeII } même multiplet $a^6S - z^6P^0$

Le milieu des bandes paraît déplacé de quelques angströms vers le violet au début, ensuite il tend à revenir à sa place normale. Les valeurs ci-dessus sont des valeurs moyennes.

Tous ces résultats sont, dans leur ensemble, en accord avec ce que l'on savait déjà des Novæ; mais, malgré leurs caractères communs, ces astres ont chacun des particularités assez tranchées. La N. Lacertæ est d'un type nettement différent de celui de la N. Herculis : sa courbe de lumière est du type à évolution rapide, ses raies d'émission sont larges et mal définies, elle présente les raies du sodium interstellaire. Je n'en avais pas trouvé trace sur la N. Herculis; leur intensité exceptionnelle sur la N. Lacertæ est due probablement à une plus grande distance et à sa latitude galactique plus basse.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le repérage spatio-temporel de positions et les relations d'incertitude dans la mécanique quantique quaternionienne.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

La mécanique quantique relativiste, qui est une mécanique des matrices quaternionienne [1], conduit pour les quadrivecteurs, *position dans l'espace-*

---

[1] B. Kwal, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 983-984.

temps $\mathbf{X}(X_1, X_2, X_3, ict)$ et *quantité de mouvement-énergie*

$$\mathbf{P}(mv_1, mv_2, mv_3, imc),$$

aux relations d'incertitude qui s'écrivent au moyen des quaternions de la manière suivante :

$$\Delta\overline{\mathbf{P}}\,\Delta\mathbf{X} = \hbar \tag{1}$$

ou, en explicitant le produit quaternionien,

$$\left\{\begin{aligned} &i(\Delta P_0\,\Delta X_1 - \Delta P_1\, c\,\Delta t) + (-\Delta P_2\,\Delta X_3 + \Delta P_3\,\Delta X_2) = 0,\\ &i(\Delta P_0\,\Delta X_2 - \Delta P_2\, c\,\Delta t) + (-\Delta P_3\,\Delta X_1 + \Delta P_1\,\Delta X_3) = 0,\\ &i(\Delta P_0\,\Delta X_3 - \Delta P_3\, c\,\Delta t) + (-\Delta P_1\,\Delta X_2 + \Delta P_2\,\Delta X_1) = 0,\\ &\quad -\Delta P_0\, c\,\Delta t + \Delta P_1\,\Delta X_1 + \Delta P_2\,\Delta X_2 + \Delta P_3\,\Delta X_3 = \hbar. \end{aligned}\right. \tag{1'}$$

Ces relations, qui ont une variance relativiste correcte, doivent être substituées à la place des relations bien connues de Heisenberg. Quelle est la signification de ces nouvelles relations ? Les trois premières indiquent simplement que le quadrivecteur $\Delta\mathbf{X}$, incertitude sur la position, a la même direction dans l'espace-temps que le quadrivecteur $\Delta\mathbf{P}$, incertitude sur la quantité de mouvement énergie. La dernière relation nous dit alors que le module $|\Delta\mathbf{X}| = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta X_2)^2 + (\Delta X_3)^2 - C^2(\Delta t)^2}$ et le module $|\Delta\mathbf{P}| = \sqrt{(\Delta P_1)^2 + (\Delta P_2)^2 + (\Delta P_3)^2 - (\Delta P_0)^2}$ sont liés par la relation

$$|\Delta\mathbf{X}|\,|\Delta\mathbf{P}| = \hbar. \tag{2}$$

Lorsqu'une mesure physique porte sur l'une des coordonnées seulement, ainsi que sur le moment conjugué correspondant, on retombe sur les relations de Heisenberg. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'une mesure qui porte à la fois sur plusieurs coordonnées et sur leurs moments conjugués, ce sont les relations (1) que l'on doit envisager. Ce dernier cas se présente évidemment en physique relativiste, où la séparation de l'espace et du temps n'est pas possible, où la transmission des résultats d'observation, d'un référentiel à un autre, exige que l'on connaisse à la fois la position dans l'espace et dans le temps de l'évènement observé. Les exemples des mesures idéales, que l'on donne pour vérifier l'exactitude des relations d'incertitude, sont basés uniquement sur la mesure d'une seule coordonnée. Leur généralisation spatio-temporelle est possible et conduit précisément aux relations (1). Ainsi, dans le cas du microscope à rayons γ, peut-on remarquer, en introduisant l'angle α que fait la direction du photon diffusé avec l'incertitude Δx résul-

tant du pouvoir réparateur fini du microscope, que l'on a

$$(3) \qquad \Delta X \frac{\nu}{c} \cos\alpha = \frac{1}{2},$$

qui n'est autre que l'expression tronquée du produit scalaire de $\Delta \mathbf{X}$ par le quadrivecteur onde $\nu(\nu/c\alpha, \nu/c\beta, \nu/c\gamma, i\nu)$ du photon diffusé.

La généralisation relativiste de la relation (3) est donc

$$(4) \qquad \tilde{\nu}\, \Delta \mathbf{X} = \frac{1}{2}.$$

L'intervention de l'effet Compton se traduit par une incertitude $\Delta \mathbf{P}$ sur la grandeur de la quantité de mouvement-énergie $\mathbf{P}$, incertitude qui est reliée au quadrivecteur onde du photon diffusé par la formule quantique

$$(5) \qquad \Delta \mathbf{P} = 2 h\nu.$$

De (4) et (5) résulte bien la relation (1).

Une démonstration plus rigoureuse des relations (4) peut se faire à partir de la forme relativiste du principe de Huyghens.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une expression empirique nouvelle du volume spécifique de la vapeur d'eau surchauffée.* Note de M. **Philippe Tongas**, présentée par M. Charles Fabry.

Il n'existe pas, à notre connaissance, de formule simple donnant avec précision, dans des limites étendues, le volume spécifique v de la vapeur d'eau surchauffée en fonction de sa pression absolue p et de sa température absolue T. De plus, aucune expression empirique de ce volume, simple ou non, n'a été établie, croyons-nous, à partir des résultats expérimentaux récemment adoptés par la Conférence Internationale des Tables de la Vapeur d'eau. C'est ce que nous avons cherché à faire, en nous basant sur la table réduite publiée [1] après la troisième réunion de cette Conférence (New-York, 1934).

Établissement de la formule. — Pour tous les états considérés, nous avons calculé le volume V qui serait celui de la vapeur d'eau si elle se comportait en gaz parfait. En retranchant de V le volume réel v de la vapeur, nous avons obtenu la correction Δv à appliquer dans chaque cas à V pour

[1] Voir, par exemple, *The Engineer*, 160, n° 4160, 1935, p. 353.

Tableau I.

t° / P Kg:cm²	100°	150°	200°	250°	300°	350°	400°	450°	500°	550°
1	1,685 1,730 0,001	1,972 1,975 0,002	2,215 2,216 0,002	2,454 2,454 0,002	2,691 2,691 0,003	2,927 2,928 0,003	3,164 3,164 0,003	3,400 3,400 0,003	3,636 3,636 0,004	3,872 3,872 0,004
5			0,4336 0,4338 0,0004	0,4841 0,4841 0,0005	0,5332 0,5332 0,0005	0,5815 0,5816 0,0006	0,6295 0,6296 0,0006	0,6772 0,6774 0,0007	0,7249 0,7250 0,0007	0,7724 0,7725 0,0008
10			0,2100 0,2104 0,0002	0,2377 0,2376 0,0002	0,2633 0,2633 0,0003	0,2881 0,2882 0,0003	0,3127 0,3127 0,0003	0,3369 0,3370 0,0003	0,3611 0,3611 0,0004	0,3850 0,3851 0,0004
25				0,0890 0,0890 0,0001	0,1011 0,1011 0,0001	0,1121 0,1121 0,0001	0,1225 0,1226 0,0001	0,1327 0,1327 0,0001	0,1427 0,1427 0,0001	0,1526 0,1526 0,0002
50					0,04642 0,04641 0,00007	0,05313 0,05312 0,00008	0,05904 0,05905 0,00009	0,06457 0,06460 0,00009	0,06989 0,06992 0,00010	0,07509 0,07510 0,00012
75					0,02747 0,02748 0,00005	0,03323 0,03322 0,00007	0,03777 0,03778 0,00008	0,04181 0,04183 0,00008	0,04560 0,04562 0,00009	0,04924 0,04925 0,00010
100						0,02305 0,02303 0,00005	0,02705 0,02705 0,00005	0,03039 0,03041 0,0006	0,03345 0,03345 0,00007	0,03631 0,03632 0,00007
125						0,01673 0,01666 0,00003	0,02054 0,02053 0,00004	0,02351 0,02352 0,00005	0,02612 0,02614 0,00005	0,02856 0,02855 0,00006
150						0,01230 0,01198 0,00002	0,01613 0,01610 0,00003	0,01889 0,01890 0,00004	0,02125 0,02125 0,00004	0,02337 0,02336 0,00005
200							0,01044 0,01031 0,00002	0,01307 0,01305 0,00003	0,01511 0,01511 0,00003	0,01687 0,01687 0,00003
250							0,00677 0,006366 0,000013	0,00948 0,00946 0,00002	0,01138 0,01139 0,00002	0,01297 0,01296 0,00003
300							0,00407 0,00302 0,00001	0,00701 0,00698 0,00002	0,00888 0,00890 0,00002	0,01034 0,01035 0,00002

I. Dans chaque case du tableau :
Le 1[er] nombre indiqué est la valeur du volume spécifique fournie par la formule de M[r] TONGAS.
Le 2[e] est la valeur la plus probable de ce volume, adoptée par la Conférence internationale des tables de la Vapeur d'Eau en 1934.
Le 3[e] est l'approximation admise (±)

II. Le volume spécifique est exprimé en m^3:Kg comme dans la formule.
La pression est exprimée en Kg:cm^2 et la température indiquée est la température ordinaire t, comme dans la table réduite utilisée. Dans la formule, au contraire, on a adopté la température absolue T et exprimé la pression en Kg:m^2 pour se conformer aux usages suivis dans les expressions analogues.

obtenir v. Cette correction peut être représentée, avec la même approximation que celle qui est admise sur v, par une fonction homographique de p dont les coefficients sont des fonctions exponentielles de T. La pression absolue p étant exprimée en kg : m² et la température absolue T en degrés centigrades, le volume v exprimé en m³ : kg peut s'écrire :

$$v = V - \Delta v = 47{,}07\,\frac{T}{p} - \frac{10^{0{,}00292.T-1{,}455}}{10^{[0{,}00439.T-0{,}0345]} - 33 - \frac{p}{10^4}},$$

expression qui tend vers l'équation des gaz parfaits quand T tend vers l'infini.

Résultats obtenus. — L'emploi de cette formule assez simple permet de dresser le Tableau I au sujet duquel on peut faire les remarques suivantes :

1° Soixante-trois des valeurs calculées sur soixante-douze, soit 87,5 pour 100, s'écartent de la valeur la plus probable du volume v d'une quantité au plus égale à l'approximation admise; vingt-deux d'entre elles, soit 30,6 pour 100 des cas examinés, donnent même exactement la valeur la plus probable.

2° Neuf des valeurs calculées dépassent l'approximation admise; les cases correspondantes (encadrées) sont placées au bord du Tableau I à gauche et représentent des états voisins de la saturation; dans sept de ces cas, les écarts (Tableau II) paraissent encore pratiquement admissibles; seuls, deux cas, assez voisins du point critique de la vapeur, accusent des écarts dont l'un surtout est considérable.

Tableau II.

Etat de la vapeur										
	$p^{kg:cm^2}$	1	1	10	125	150	200	250	300	300
	t°	100°	150°	200°	350°	350°	400°	400°	400°	450°
Volume, calculé		1,685	1,972	0,2100	0,01673	0,01230	0,01044	0,00677	0,00407	0,00701
Ecart en % par rapport à	la valeur la plus probable	2,60 %	0,15 %	0,19 %	0,42 %	2,67 %	1,26 %	6,34 %	34,80 %	0,43 %
	la valeur extrême la plus favorable	2,54 %	0,05 %	0,10 %	0,24 %	2,50 %	1,06 %	6,14 %	34,30 %	0,14 %

Abstraction faite de cette anomalie, la formule proposée fournit donc, avec une précision très grande pour 90 pour 100 des cas considérés dans la table réduite et encore satisfaisante pour les autres, le volume spécifique de la vapeur d'eau surchauffée.

ACOUSTIQUE. — *Sur un nouvel instrument de musique à cordes, le* violon-basse. Note de M. **David Raïsky**, présentée par M. Aimé Cotton.

But poursuivi. — Réaliser un instrument sonnant au diapason du violoncelle, mais de dimensions réduites et se jouant comme le violon et l'alto, afin de permettre aux violonistes de tenir la partie *basse* dans un orchestre d'amateurs, où souvent le violoncelliste fait défaut.

Cet instrument a la même longueur que l'alto (partie vibrante de la corde 375^{mm}), il est un peu plus large et sa hauteur d'éclisse surélevée, ce

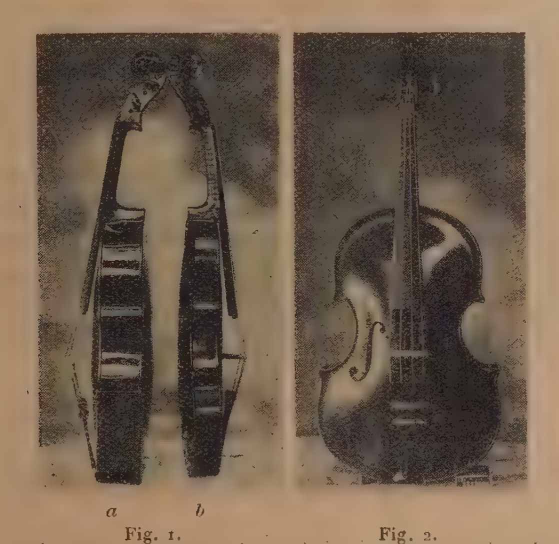


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Le *violon-basse* (*a*) dos-à-dos avec un alto normal (*b*).
Fig. 2. — Le *violon-basse* de face.

qui donne à sa caisse de résonance un volume environ égal aux 45/16 de celui de l'alto.

Difficultés à vaincre. — Obtenir des sons graves et musicaux avec des cordes relativement courtes ($Ut_1 = 64$ F.; $Sol_1 = 96$ F.).

Moyens employés. — D'après la formule de Lagrange, on peut obtenir telle fréquence souhaitée par la modification des quatre facteurs variables : longueur, diamètre, tension et densité de la corde.

Premier facteur. — Dans notre cas la longueur est fixe.

Deuxième facteur. — Le diamètre ne peut varier qu'entre des limites

assez étroites. Il doit être assez grand pour obtenir une basse fréquence et assez réduit pour que le son reste musical.

Troisième facteur. — La tension ne peut évoluer, elle aussi, qu'entre des limites assez rapprochées : trop élevée elle risque de compromettre la résistance de l'instrument et la corde ne répond pas sous l'archet ; trop faible, le son résultant n'est pas musical ni bien audible.

Quatrième facteur. — La densité doit être obligatoirement élevée (le platine, l'or et le tungstène sont particulièrement indiqués).

En recherchant une combinaison convenable des trois derniers facteurs, on s'aperçoit vite que le problème est insoluble avec une corde homogène (boyau, soie ou métal). Force est alors de recourir à l'artifice de la corde filée, où l'âme seule supporte la tension.

Ces cordes existent d'ailleurs, mais ne descendent pas au-dessous de l'ut_2 qui est celui de l'alto.

Il fallait donc agir concurremment sur les trois facteurs variables, ce qui n'est pas aussi facile que la théorie pourrait le faire supposer ; j'ai dû surmonter beaucoup de difficultés matérielles avant d'obtenir à la fois les diverses qualités que je désirais associer dans l'instrument nouveau : la musicalité, la puissance, l'homogénéité du jeu des quatre cordes, la souplesse, la docilité sous l'archet et sous la pression des doigts, la justesse des quintes, l'élimination des harmoniques nuisibles, etc.

ATOMISTIQUE. — *Sur une théorie géométrique de la matière.*

Note de M. Georges Fournier, présentée par M. Paul Langevin.

Les grains de matière constituant les noyaux atomiques, tels que les mettent en évidence les expériences récentes de microphysique, ne semblent pas avoir de dimensions spatiales définies : leur diamètre de choc, par exemple, varie suivant le projectile utilisé pour les bombarder. Mais, en dehors de toute expérimentation, ces grains subissent constamment l'action gravifique et électrique de leurs voisins. Du point de vue de cette interaction, le *domaine* spatial d'un grain n'est limité que par les domaines des grains voisins : *par leurs propriétés d'action mutuelle, les grains de matière remplissent l'espace.*

La solution, purement géométrique, du problème du remplissage de l'espace, doit donc nous renseigner sur la constitution des noyaux atomiques, de même qu'elle intervient à une autre échelle en cristallographie.

Nous avons provisoirement limité cette étude à l'espace euclidien à trois dimensions.

L'étude du remplissage de l'espace conduit tout d'abord à l'étude complète des polyèdres réguliers convexes. Il s'agit ensuite de savoir si l'on peut *paver* l'espace avec de tels solides. Nous avons constaté que, seuls, deux types d'empilement le permettent : l'empilement de *cubes*, et l'association *octaèdre-tétraèdre*. En réalité ces deux types sont confondus, car dans le second les centres des tétraèdres forment un réseau cubique centré, les centres des cubes étant alternativement sommets communs et centres d'octaèdres.

En remarquant que le volume de l'octaèdre est quatre fois celui du tétraèdre, on est amené à choisir l'octaèdre comme domaine de l'hélion (ou particule α), de masse 4, et le tétraèdre comme domaine du neutron ou du proton, tous deux de masse 1. Au niveau géométrique de position d'un polyèdre, caractérisé par la distance de son centre au centre général de la *morula*, nous faisons correspondre le niveau énergétique du grain de matière dont il est le domaine. Ayant en outre calculé le nombre de positions équivalentes possibles dans chaque niveau, nous avons constaté que :

1° Tous les noyaux atomiques existants peuvent être représentés par des empilements d'octaèdres et de tétraèdres.

2° Les types d'empilement les plus simples et les plus symétriques, ceux qui comportent des couches ou niveaux complets, représentent les noyaux les plus stables et les plus abondants : douze d'entre eux, à eux seuls, représentent numériquement 99 pour 100 des atomes existant dans la croûte terrestre. La proportion est encore plus grande dans la matière stellaire en général.

3° Un noyau sera particulièrement stable et abondant s'il possède la symétrie électrique en plus de la symétrie géométrique, c'est-à-dire si parmi les tétraèdres empilés en couches complètes, ceux qui représentent des protons forment eux-mêmes des couches complètes.

4° Il peut exister, pour un même atome, des *isomères nucléaires* différant par les nombres d'octaèdres et de tétraèdres entrant en jeu.

5° Si deux noyaux diffèrent seulement par la *position* des polyèdres qui les composent, nous avons seulement affaire à deux états énergétiques différents du même noyau. Si, par exemple, pour un noyau radioactif nous trouvons plusieurs niveaux octaédriques possédant des places vides, le départ d'une particule α pourra éventuellement déplacer une autre particule α de son niveau normal sur l'un des niveaux présentant des cases

libres, et laisser ainsi l'atome dans un état *excité*. En fait, le nombre de niveaux polyédriques possibles pour les empilements correspondant aux noyaux radioactifs correspond bien au nombre de raies de structure fine découvertes par Rosenblum (¹) dans les spectres de rayon α.

6° Géométriquement, les carrés des distances des centres des polyèdres au centre du noyau sont en progression arithmétique (si l'on considère séparément les octaèdres et les tétraèdres). Si l'on rapproche ce fait des résultats expérimentaux de Rosenblum montrant l'équidistance des niveaux énergétiques révélés par la structure fine, et de ceux de Chadwick et Constable (²) montrant l'équidistance énergétique des niveaux protoniques de résonance pour l'aluminium, par exemple, on est amené à penser que l'énergie caractéristique d'un niveau fait intervenir le carré de sa distance au centre du noyau, et que par conséquent la loi de force à l'intérieur du noyau fait intervenir le *cube* de cette distance.

ÉLECTRICITÉ ET HYDRODYNAMIQUE. — *Tourbillons électroconvectifs*. Note de MM. **Douchan Avsec** et **Michel Luntz**, présentée par M. Henri Villat.

Nous venons d'observer un nouveau phénomène qui relie directement l'électricité et l'hydrodynamique.

Il est nécessaire d'exposer d'abord l'origine de nos recherches.

L'hydrodynamique connaît un grand nombre de formations tourbillonnaires régulières, dues à des instabilités provoquées par le fait que des particules voisines du fluide, sont sollicitées par des forces de sens opposés.

Prenons un exemple concret, celui des tourbillons cellulaires de H. Bénard (³). On chauffe par en dessous une nappe de liquide. Les couches froides de la nappe se trouvent ainsi au-dessus des couches dilatées par la chaleur. Une perturbation quelconque déclenche alors un mouvement qui permet aux parties chaudes du liquide de s'élever au-dessus des parties froides. Mais cet échange de positions nécessite une organisation particulière du mouvement. En effet, il est impossible d'admettre le passage du liquide chaud à travers le liquide froid, car les forces

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 967

(²) *Proc. Roy. Soc. London*, 135, 1932, p. 48.

(³) *Thèse de doctorat ès sciences*, Paris, 1901.

de viscosité qui en résulteraient freineraient le mouvement et le rendraient impossible.

Il se produit donc un fractionnement de la nappe en compartiments polygonaux contigus, constitués chacun par un tourbillon unique. La montée du liquide s'effectuerait, par exemple, au centre du compartiment, la descente le long de la périphérie.

D'autres exemples du même type de mouvement sont fournis par les tourbillons toriques produits entre deux cylindres tournants par G. I. Taylor [1]; les tourbillons en bandes qui se produisent dans une nappe fluide chauffée par en dessous et animée d'un mouvement de translation par rapport aux parois, étudiés par Bénard, Idrac, Terada [2]; enfin les tourbillons dans une nappe de liquide visqueux autour d'un cylindre vertical tournant de M. Luntz et P. Schwarz [3].

Nous avons pensé que la présence des courants de convection électrique entre deux surfaces de potentiel, donnant lieu aux forces du même genre, devrait produire des formations tourbillonnaires analogues. Un fait surtout a retenu notre attention : la formation des tourbillons en bandes, que l'un de nous étudia récemment [4], devient très instable dans des couches d'air atteignant une dizaine de centimètres d'épaisseur. Or la nature connaît des formations nuageuses, cinématiquement semblables et qui peuvent avoir des centaines de mètres d'épaisseur et que l'on attribue aux tourbillons en bandes d'origine thermique. Cette contradiction entre les expériences de laboratoire et les phénomènes naturels nous suggéra de rechercher l'explication de la formation des rouleaux des nuages dans la présence des champs électrostatiques et des courants de convection qui en résultent. Nous ne savons pas si cette hypothèse est correcte. Mais en provoquant des *courants électroconvectifs* dans l'huile, par exemple, on observe des mouvements tourbillonnaires très réguliers, dont la forme dépend des conditions aux limites (champ électrostatique appliqué, forme des électrodes, forme des parois) et aussi des constantes moléculaires du milieu (viscosité, constante diélectrique, etc.).

Tout comme dans les formations tourbillonnaires précédemment

---

(1) *Phil. Trans.*, A. **223**, 1921, p. 289.

(2) *Rep. of the Aer. Res. Inst.*, Tokyo, 3, III, 1928, p. 1.

(3) *L'hydrodynamique du cylindre tournant* (*Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, **71**, 1935).

(4) D. Avsec, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 532 et 556.

décrites, on peut obtenir la division du fluide en compartiments fermés, constitués par des tourbillons individuels. Ainsi, dans le cas de deux électrodes planes et parallèles, limitant la nappe d'huile, cette dernière devient le siège de formations du type des tourbillons cellulaires de H. Bénard. Une électrode en forme d'anneau et l'autre étant rectiligne et dirigée suivant l'axe de révolution de la première, provoquent la constitution d'un ou plusieurs tourbillons toriques, compris entre les deux électrodes. Lorsque les deux électrodes sont des cylindres concentriques, il se forme soit des tourbillons toriques du type de G. I. Taylor, soit encore des tourbillons rectangulaires parallèles à l'axe de révolution des deux électrodes.

Nous arrêtons ici la description de ces mouvements, auxquels nous avons donné le nom de *tourbillons électroconvectifs* et dont la diversité est presque infinie.

Nous devons mentionner cependant un caractère commun aux tourbillons électroconvectifs, et qui les différencie des tourbillons précédemment connus. Il semble que les tourbillons électroconvectifs gardent leur régularité pour les vitesses beaucoup plus grandes que celles qui rendent irrégulières les formations anciennes. Il en résulte notamment que dans les tourbillons électroconvectifs se produisant dans un milieu à surface libre, le relief de cette surface est très accentué. On observe en effet des courbures très grandes, des arêtes vives et des points anguleux.

Nous croyons que l'existence des tourbillons électroconvectifs explique une multitude de phénomènes physiques, météorologiques, astrophysiques et cristallographiques.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Recherches spectrophotométriques sur la couleur des vins.* Note de MM. **Augustin Boutaric**, **Louis Ferré** et de Mme **Madeleine Roy**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

1. Nous avons déterminé au spectrophotomètre le spectre d'absorption d'un certain nombre de vins dans le domaine des radiations visibles. Comme pour les vins très colorés, les cuves à faces parallèles les moins épaisses qu'on trouve couramment dans le commerce (5^{mm}) ne laissent encore passer qu'une fraction de lumière incidente trop faible pour pouvoir être mesurée avec précision, nous avons fait établir par MM. Jobin et Yvon une cuve d'épaisseur variable permettant d'opérer sur une épaisseur quelconque de liquide inférieure à 1^{cm} : les faces utiles de la cuve sont constituées

par deux glaces soigneusement travaillées et rigoureusement parallèles, dont l'écartement variable peut être apprécié à moins d'un centième de millimètre.

Le tableau suivant donne pour quelques vins et pour diverses radiations échelonnées le long du spectre visible les valeurs de la densité optique $h = \log_{10} I_0/I$ ramenées à une épaisseur de liquide de 1^{cm}.

λ.	Oberlin.	Teinturier.	Gamay-Beaujolais.	Côtes du Rhône.	Hermitage.	Pinot.
700........	2,69	0,59	0,39	0,25	0,76	0,16
680........	2,87	0,66	0,45	0,33	0,81	0,18
660........	3,03	0,83	0,62	0,47	0,93	0,29
655........	3,20	0,89	0,68	0,50	1,01	0,31
640........	3,45	1,07	0,88	0,63	1,23	0,41
620........	4,58	1,59	1,39	0,92	1,61	0,79
600........	6,22	2,18	2,21	1,50	2,21	1,13
580........	10,35	3,46	3,46	2,26	3,02	1,83
560........	16,20	7,18	6,14	3,94	4,52	2,74
550........	19,85	9,17	7,06	5,44	5,16	3,22
540........	25,60	11,70	7,52	6,16	5,50	3,47
520........	28,70	12,75	7,50	6,24	5,60	3,55
500........	24,70	11,30	6,58	5,32	5,04	3,29
480........	17,50	7,38	5,22	3,50	4,22	2,78
460........	13,75	6,60	4,52	3,05	3,62	2,51
450........	13,20	6,80	4,48	2,70	3,60	2,48

2. La densité optique de tous les vins ainsi examinés, de teintes pourtant très différentes, passe par un maximum pour une longueur d'onde voisine de $520^{m\mu}$. Comme cette radiation se trouve sensiblement dans la région spectrale pour laquelle l'œil présente son maximum de sensibilité, la mesure de la densité optique relative à cette radiation fournira une première indication intéressante sur le degré d'opacité du vin.

Quant à sa teinte, on pourra en avoir une idée assez nette par le quotient des densités optiques relatives aux radiations $\lambda_1 = 480^{m\mu}$ et $\lambda_2 = 640^{m\mu}$ situées respectivement dans le bleu et dans le rouge : le quotient h_1/h_2 diminue lorsque l'opacité pour le bleu va en augmentant par rapport à l'opacité pour le rouge, c'est-à-dire à mesure que la lumière blanche transmise à travers le vin est plus appauvrie en radiations bleues qu'en radiations rouges et par suite que la teinte du vin est d'un rouge plus franc.

Le tableau suivant donne pour les divers vins envisagés : 1° les valeurs de la densité optique h_0 relatives à la radiation $\lambda_0 = 520^{m\mu}$; 2° le rapport des densités optiques h_1/h_2 relatives aux radiations $\lambda_1 = 480^{m\mu}$ et $\lambda_2 = 640^{m\mu}$.

	Oberlin.	Teinturier.	Gamay-Beaujolais.	Côtes du Rhône.	Hermitage.	Pinot.
h_0	28,7	12,75	7,50	6,24	5,60	3,55
$\frac{h_1}{h_2}$	5,07	6,89	5,93	5,71	3,43	6,78

On voit par les résultats précédents qu'on ne saurait apprécier la couleur d'un vin en se contentant, comme on l'a proposé à diverses reprises, de déterminer la densité optique pour une seule radiation, à quelque région du domaine spectral qu'elle appartienne. Une telle mesure peut donner une indication, d'ailleurs grossière, sur l'opacité moyenne du vin, mais non sur sa teinte : l'appréciation de cette teinte ne saurait être obtenue que par des mesures portant sur un certain nombre de radiations, trois au minimum, suivant les principes les mieux établis de la colorimétrie. La méthode d'une application relativement simple que nous préconisons, nous paraît susceptible de fournir sur la couleur des vins des indications précises et très suffisantes pour tous les besoins de la pratique.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur les plaques photographiques sensibilisées par le salicylate de sodium.* Note de M. **Tien Kiu**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai montré [1] que le traitement par des solutions aqueuses de salicylate de sodium augmentait à la fois, dans le proche ultraviolet, la sensibilité et les facteurs de contraste γ et γ' des plaques photographiques. Ces facteurs devenaient indépendants de la longueur d'onde au-dessous de 3000 Å. M. Jean Terrien [2], Mme Herman-Montagne et M. Ricard [3] ont trouvé ensuite que la constance du facteur de contraste γ' (à temps de pose variable) s'étendait jusqu'à l'ultraviolet lointain.

L'explication proposée repose sur la transformation des radiations ultraviolettes en rayonnement de fluorescence. Une plaque photographique, dépouillée au préalable de son bromure d'argent par l'hyposulfite, puis traitée par une solution de salicylate, montre effectivement une belle fluorescence violette lorsqu'on l'éclaire avec un arc au mercure. Comme le

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1348.
(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 211.
(3) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 477.

spectre de fluorescence ne varie pas avec les radiations excitatrices, les facteurs de contraste doivent devenir indépendants de la longueur d'onde dès que l'absorption du rayonnement excitateur se montre suffisament complète.

En étendant mes mesures vers les grandes longueurs d'onde, *j'ai constaté que le traitement par les solutions de salicylate augmentait aussi le contraste et la sensibilité dans le spectre visible.* Le tableau I donne, par exemple, les facteurs de contraste γ (à l'éclairement variable) mesurés sur des plaques Lumière *Opta* et Crumière *Superaviachrome*, traitées ou non par des solutions aqueuses à 10 pour 100 de salicylate de sodium.

TABLEAU I.

	Opta.		Superaviachrome.	
λ (en Å).	Plaque témoin.	Plaque fluorescente.	Plaque témoin.	Plaque fluorescente.
5790	–	–	2,18	2,93
5461	–	–	2,18	3,05
4916	–	–	–	2,60
4347	1,86	2,36	–	–
4077	1,86	2,50		
4047	1,77	2,40	1,84	2,60
3906	1,86	2,40	–	2,36
3341	1,39	1,84	1,34	1,67
3130	1,38	2,50	1,37	2,38
3022	1,40	2,55	1,35	2,45
2967	1,39	2,60	1,30	2,47
2925	1,38	2,60	–	2,48
2893	1,32	2,60	–	2,65
2803	1,32	2,60	–	2,40
2753	1,40	2,45		2,35
2699	–	–	–	2,32
2653	–	–	1,29	2,40

L'accroissement de γ est manifeste jusqu'à 5790 Å, soit dans tout le domaine spectral étudié.

Pour comparer la sensibilité des plaques traitées par le salicylate à celle des plaques non traitées, on peut considérer l'inverse du rapport des éclairements E_f et E nécessaires pour obtenir dans les deux cas une même densité. J'ai choisi la densité 2,5 qui correspond à peu près au milieu de la région d'exposition normale. Les tableaux II et III donnent ainsi, pour les plaques *Opta* et *Superaviachrome*, les quantités $\log E - \log E_f$, E/E_f, et la

différence des densités ΔD observées, pour un même éclairement, au voisinage de la densité 2,5.

TABLEAU II. — Plaques *Opta*.

λ (en Å).	log E — log E_f.	$\frac{E}{E_f}$	ΔD.
4347	0,23	1,70	0,45
4077	0,25	1,78	0,52
4047	0,26	1,82	0,51
3906	0,28	1,90	0,56
3341	0,27	1,86	0,45
3130	0,23	1,70	0,40
3022	0,27	1,86	0,45
2967	0,25	1,78	0,43
2925	0,25	1,78	0,44
2893	0,27	1,86	0,46
2803	0,28	1,90	0,50
2753	0,27	1,86	0,43
2699	0,28	1,90	0,45

TABLEAU III. — Plaques *Superaviachrome*.

λ (en Å).	log E — log E_f.	$\frac{E}{E_f}$	ΔD.
5790	0,20	1,59	0,50
5461	0,22	1,66	0,56
4047	0,28	1,90	0,59
3341	0,34	2,19	0,61
3130	0,36	2,29	0,64
3022	0,35	2,24	0,58
2967	0,37	2,34	0,65
2653	0,35	2,24	0,59

On voit que, pour la plaque *Opta*, l'immersion dans une solution aqueuse à 10 pour 100 de salicylate multiplie la sensibilité, ainsi définie, par 1,8 environ dans toute la région étudiée. Pour la plaque *Superaviachrome*, la sensibilité est multipliée par un nombre voisin de 1,6 dans la région vert jaune du spectre et voisin de 2,3 au-dessous de 3130 Å.

Ces résultats montrent que l'action des solutions de salicylate sur les plaques photographiques est plus complexe qu'on ne l'imaginait tout d'abord. La transformation en rayonnement de fluorescence, capable d'expliquer la constance du contraste dans l'ultraviolet, ne peut, à elle seule, rendre compte d'un accroissement de sensibilité qui s'étend à des radiations de longueurs d'onde trop grandes pour exciter la fluorescence.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur le phénomène de Zeeman.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous nous proposons d'établir que, si l'on tient compte de l'influence du spin, on est conduit à conclure que l'équation de Schrödinger comporte deux solutions particulières, dont l'une correspond à l'effet Zeeman anormal et l'autre au même effet normal.

Écrivons cette équation en conservant les notations adoptées par M. Louis de Broglie dans l'exposé qu'il a fait du sujet (1); nous désignerons toutefois par M_0, au lieu de m_0, la masse qui intervient :

$$\Delta\psi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} + \frac{4\pi i}{h}\frac{eV}{c^2}\frac{\partial\psi}{\partial t} + \sum_{xyz}\frac{4\pi i}{h}\frac{e}{c}A_x\frac{\partial\psi}{\partial x} = \frac{4\pi^2}{h^2}\left[M_0^2c^2 - \frac{e^2}{c^2}(V^2 - A^2)\right]\psi.$$

Choisissons un système de référence fixe $Oxyz$ tel que le plan xOy soit le plan de symétrie de l'atome à un moment donné; ce plan est caractérisé par le fait que, au moment considéré, il contient le potentiel vecteur $\overrightarrow{A}$ et, si l'on désigne par α l'angle de la direction de $\overrightarrow{H}$ avec l'axe Oz, on peut poser

$$A_x = -H\cos\alpha\, y/2, \qquad A_y = H\cos\alpha\, x/2, \qquad A_z = 0.$$

Puis, en vue d'étudier l'état de l'atome dans un stade voisin, définissons des coordonnées cylindriques par les formules

$$x = \mathcal{R}\cos\theta, \qquad y = \mathcal{R}\sin\theta, \qquad z = z.$$

Il vient

$$\frac{4\pi i}{h}\frac{e}{c}\sum_{xyz}A_x\frac{\partial\psi}{\partial x} = \frac{2\pi i}{h}\frac{e}{c}H\cos\alpha\left(y\frac{\partial\psi}{\partial x} - x\frac{\partial\psi}{\partial y}\right) = -\frac{2\pi i}{h}\frac{e}{c}H\cos\alpha\frac{\partial\psi}{\partial\theta}$$

et l'équation de Schrödinger prend la forme

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial\mathcal{R}^2} + \frac{1}{\mathcal{R}}\frac{\partial\psi}{\partial\mathcal{R}} + \frac{1}{\mathcal{R}^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial\theta^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} + \frac{4\pi i}{h}\frac{eV}{c^2}\frac{\partial\psi}{\partial t} - \frac{2\pi i}{h}\frac{e}{c}H\cos\alpha\frac{\partial\psi}{\partial\theta}$$
$$= \frac{4\pi^2}{h^2}\left(M_0^2c^2 - \frac{e^2V^2}{c^2}\right)\psi.$$

Le champ magnétique n'y introduit donc qu'un seul terme correctif :

$$-\frac{2\pi i}{h}\frac{e}{c}H\cos\alpha\frac{\partial\psi}{\partial\theta} = \frac{4\pi i}{h}\frac{1}{\mathcal{R}^2}\left(-\frac{1}{2}\frac{eH}{M_0c}\cos\alpha\, M_0\mathcal{R}^2\right)\frac{\partial\psi}{\partial\theta}.$$

---

(1) *L'électron magnétique*, p. 106 à 110.

Or, $-eH/2M_0c$ étant l'expression même de la précession d'entraînement de Larmor, le facteur entre parenthèses représente la variation de la grandeur du moment cinétique due à cette précession.

Nous savons d'ailleurs que, du point de vue des ondes, le mouvement de l'électron et du proton dans l'atome d'hydrogène est toujours équivalent à un mouvement circulaire ([1]). Il s'ensuit que les deux premiers termes de l'équation disparaissent et que, pour le surplus, elle ne dépend pas effectivement du temps; en l'espèce, les critiques de M. Dirac, touchant la théorie de Schrödinger, ne s'appliquent donc pas ([2]).

Mais, du fait de la coexistence du spin et du champ magnétique, l'énergie de la particule se trouve modifiée dans une mesure connue; sa masse subit par suite une variation dM_0 et, si α' est l'angle des deux directions en cause,

$$c^2\,dM_0 = -\frac{hHe}{4\pi M_0 c}\cos\alpha'. \tag{1}$$

Une deuxième correction s'impose. Admettons que le rayon $\mathcal{R}$ et par conséquent le potentiel scalaire V correspondent à un état quantifié en l'absence de tout champ magnétique; le moment cinétique $\vec{C}$ vaut $nh/2\pi$, et le théorème de Larmor nous apprend que, lorsqu'un champ $\vec{H}$ vient à intervenir, les grandeurs correspondantes prennent, dans le système relatif entraîné par la précession, des valeurs $\mathcal{R}+d\mathcal{R}$, $V+dV$ et $C+dC$, telles que $dM_0/M_0 - dV/V - 2dC/C = 0$, que l'on obtient en différentiant la relation $M_0e^3 = VC^2\sqrt{1-B^2}$, qui résulte de la loi de Coulomb.

Dès lors on peut calculer la variation de l'énergie qui caractérise le phénomène de Zeeman; il vient, en tenant compte de (1) et de ce que dM_0/M_0 reste petit par rapport à dV/V et à dC/C,

$$dW = -\frac{1}{2}e\,dV - \frac{hHe}{4\pi M_0 c}\cos\alpha' - n\frac{hHe}{4\pi M_0 c}\cos\alpha. \tag{2}$$

Enfin on est conduit à introduire, dans l'équation de Schrödinger, un deuxième terme correctif en rapport avec la variation du moment cinétique, $dC = -C\,dV/2V$, et l'ensemble des deux termes s'écrit

$$\frac{4\pi i}{h}\,\frac{1}{(\mathcal{R}+d\mathcal{R})^2}\left[\quad\frac{1}{2}\,\frac{eH\cos\alpha}{c}(\mathcal{R}+d\mathcal{R})^2\quad\frac{1}{2}\,\frac{C}{V}\,dV\right]\frac{\partial\psi}{\partial\varphi}.$$

Une première solution apparaît immédiatement : les deux termes se

---

([1]) *Revue générale de l'Électricité*, 39, 1936, p. 216 et 217.

([2]) Louis de Broglie, *L'électron magnétique*, p. 133 à 135.

détruisent,

$$dV \simeq -\frac{eH}{c}\cos\alpha\,\frac{\mathcal{R}^2 V}{C} = -n\frac{hH}{2\pi M_0 c}\cos\alpha$$

et, en portant cette valeur dans (2), on trouve

$$dW_a = -\frac{hHe}{4\pi M_0 c}\cos\alpha'.$$

Le terme provenant du spin subsiste seul, le troisième terme, qui correspond à l'effet normal, a disparu et l'effet est ainsi anormal. Cette solution de l'équation de Schrödinger est régulière : le moment cinétique reste égal à $nh/2\pi$ et le principe des invariants adiabatiques est satisfait.

Quand le champ est fort, pour que l'état soit stationnaire, on est amené à écrire que la particule retrouve périodiquement l'onde en une même phase à la traversée du plan médian perpendiculaire à $\vec{H}$; on obtient alors une valeur de dV telle que le premier terme de (2) détruit le deuxième, le troisième est conservé et l'effet est devenu normal.

Enfin, ces résultats étant acquis, on montre que, dans les champs faibles, le spectre est analogue à celui qui correspond au doublet du sodium et que, dans les champs forts, il prend l'aspect tout différent bien connu.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Recherche du proton négatif et de quelques radioactivités artificielles.* Note de MM. **Robert J. Walen** et **Maurice E. Nahmias**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons cherché si dans les désintégrations par neutrons il pouvait y avoir émission de protons négatifs ($_{-1}^{1}\pi$) suivant la réaction générale

$$_{z}^{m}X + {}_{0}^{1}n \rightarrow {}_{z+1}^{m}Y + {}_{-1}^{1}\pi.$$

Les cas les plus favorables à mettre en évidence sont ceux où les noyaux Y seraient radioactifs. Un examen des tables d'isotopes montre que les cas les plus accessibles à l'expérience, sont les suivants :

$$(1) \qquad {}_{5}^{11}B + {}_{0}^{1}n \rightarrow {}_{6}^{11}C + {}_{-1}^{1}\pi,$$

$_{6}^{11}C$ étant radioactif avec émission de positons et une période de 21 minutes

$$(2) \qquad {}_{12}^{26}Mg + {}_{0}^{1}n \rightarrow {}_{13}^{26}Al + {}_{-1}^{1}\pi,$$

la période de l'aluminium étant de 7 secondes.

D'autres cas peuvent être envisagés mais la détection des périodes est

plus difficile, par suite de la présence d'autres périodes voisines ou de la rareté de l'isotope.

Pour la réaction (1) nous avons irradié pendant 1 heure, dans un cylindre, 200^g de bore en grains fins (1^μ) avec une source centrale de (Rn + Be) de 800 mc. Un courant d'air ozonisé contenant des traces de CO^2 parcourait sous basse pression le cylindre. Le CO^2 était condensé avec de l'azote liquide, pendant toute la durée de l'expérience, dans un capillaire à parois minces placé à la sortie du cylindre. Le carbone actif éventuellement formé dans le bore aurait dû être entraîné, en partie [1], sous forme de CO^2 actif et condensé dans le capillaire. Amené devant un compteur Geiger à parois minces ce capillaire n'a présenté aucune activité mesurable. Dans une autre série d'expériences le CO^2 a été précipité dans l'eau de baryte. Déposé sur filtre le carbonate ne présentait aucune activité.

Avec le magnésium nous avons activé un cylindre creux de ce métal emboîtant une source de 900 cm. Le cylindre activé était amené autour du compteur 0,76 seconde après. Une statistique des décroissances n'a relevé aucune période de 7 secondes d'une intensité initiale supérieure à 5 pour 100 de celle due à la radioactivité [2] d'environ 33 secondes déjà connue chez le Mg($^{23}_{10}$Ne).

Période courte observée dans le bore. — En vue de déterminer dans le rayonnement excité dans le bore bombardé par des neutrons et signalé dans une Note précédente [3], la part due à une radioactivité éventuelle du bore, nous avons perfectionné le pendule horizontal déjà décrit [2]. Ainsi modifié l'appareil nous donne par exemple avec un cylindre creux de beryllium activé par une source de 300 mc et amené autour du compteur en 7/10e de secondes un excès de 50 impulsions pour une décroissance complète. Nous précisons ainsi la période du Be comme étant de $0,8 \pm 0,04$ secondes. Nous avons déterminé le coefficient d'absorption de cette radiation et nous en déduisons une absorption de moitié dans 0,16 g/cm^2 de Pb, valeur qui s'accorde mieux que les premiers résultats de Bgerje [4] (0,4 g/cm^2 Al) avec sa dernière détermination [5] du maximum du spectre (environ 3,5 Mev).

---

[1] Des expériences où le rendement est supposé être meilleur (solution, riche en bore) sont en cours.

[2] M. E. Nahmias et R. J.-Walen, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 72.

[3] *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 177.

[4] *Nature*, **137**, 1936, p. 864.

[5] *Nature*, **138**, 1936, p. 400.

Dans les mêmes conditions le bore présente une activité de l'ordre de 2 pour 100 de celle du Be. L'enregistrement de 350 décroissances indique une période voisine de 1 seconde. La réaction la plus probable (endothermique de $\sim 1,5$ Mev) est la suivante : ${}^{11}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{8}_{3}Li + {}^{4}_{2}He$ (la formation de ${}^{12}_{5}B$ radioactif étant réservé à la période probable de $1/50^e$ de seconde (*loc. cit.*). La formation de ${}^{6}He$, endothermique de ~ 16 Mev, paraît ici impossible. Nous tenons à signaler que le bore que l'on peut actuellement se procurer est assez impur. Quoique cette activité paraisse difficile à attribuer à une des impuretés, un contrôle sera effectué avec B_2O_3 dès qu'il nous sera possible d'utiliser de plus fortes sources.

Radioactivité du lithium. — Nos expériences antérieures à la roue (*loc. cit.*) ayant été négatives nous les avons reprises au nouveau pendule horizontal avec un cylindre de Li métallique de 3mm d'épaisseur et une source de 330 mc. L'enregistrement de 400 décroissances indique une période de $0,75 \pm 0,05$ seconde. La réaction est certainement par capture du neutron puisque : 1° l'effet paraffine, dans notre arrangement expérimental, est de l'ordre de trois, et 2° la formation de ${}^{6}He$ (formé suivant Bjerge dans ${}^{9}_{4}Be + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{6}_{2}He + {}^{4}_{2}He$) est ici endothermique de $\sim 3,5$ Mev. Il y aurait donc formation de ${}^{8}Li$ radioactif. L'activité, sans paraffine, est de l'ordre de 2,5 pour 100 de celle du Be, tandis que avec paraffine, dans des conditions identiques, la période de 2,4 minutes de l'argent, activé à saturation, présente une intensité huit fois plus grande (1) que celle du Li (intensités rapportées à la fin de l'activation). Connaissant cette intensité du Li, nous avons calculé l'ordre de grandeur de l'effet que nous aurions dû observer à la roue, et nous obtenons : 0,4 coup par minute, ce qui était de l'ordre des erreurs statistiques. Les conditions expérimentales analogues de MM. Knol et Veldkamp (2) ne pouvaient donner qu'un résultat encore plus faible. Il nous semble donc que l'effet relativement important observé par ces auteurs est probablement imputable à des variations dans le fonctionnement des compteurs. Leurs expériences n'étaient pas alternées, mais faites en deux séries de 28 heures chacune.

---

(1) Compteur à parois de 0mm,2 Al.

(2) *Physica* (La Haye), 3, 1936, p. 145.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Lois régissant l'accélération initiale de la combustion lente et le retard à l'inflammation des mélanges de pentane, d'oxygène et d'azote.* Note de M. **Marcel Prettre.**

Il a été montré [1] que la combustion lente isotherme à volume constant des mélanges de pentane normal et d'oxygène pur provoque, à toute température comprise entre 260 et 300° C., une variation de pression Δp, qui satisfait en fonction du temps t, durant la période d'accélération initiale de la réaction, à la relation générale des processus en chaînes fréquemment ramifiées

$$(1) \qquad \Delta p = k e^{\varphi t},$$

où k est sensiblement constant et où φ varie à chaque température en fonction de la pression partielle P_c de combustible et de la pression totale P_t des réactifs, selon la loi

$$(2) \qquad \varphi = k_1 P_c P_t^2.$$

L'inflammation, quand elle se produit, a lieu au temps τ défini à chaque température par l'expression

$$(3) \qquad \varphi . \tau = \text{const.}$$

Il a été montré depuis lors [2] qu'entre 250 et 280°, l'addition au mélange combustible de gaz chimiquement inertes, tels que l'azote, augmente la vitesse de l'oxydation lente, facilite l'inflammation et en diminue le retard. Le but des travaux résumés dans la présente Note a été de rechercher les relations analogues aux précédentes, qui sont valables pour des mélanges de pentane et d'oxygène, auxquels est ajoutée une pression d'azote P_n.

Les mesures ont prouvé que la loi (1) est toujours vérifiée. Pour un mélange donné à une température déterminée, la valeur de φ, qui est φ_0 en l'absence d'azote, augmente de manière sensiblement linéaire en fonction de P_n selon l'expression

$$(4) \qquad \varphi = \varphi_0(1 + \alpha P_n) = k_1 P_c P_t^2 (1 + \alpha P_n).$$

Pour une pression totale constante P_t des réactifs, le coefficient α de

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1176; *Ann. Comb. liq.*, **11**, 1936, p. 669.

(2) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 561.

cette formule est indépendant de la teneur en combustible du mélange dans les limites de concentrations où la relation (2) est valable. Par contre α diminue, quand augmente la pression totale des réactifs, il varie alors en raison inverse d'une puissance de P_t comprise entre 0,6 et 0,8 [1].

Le tableau suivant met en évidence la relation (4) en donnant les valeurs de φ/φ_0 obtenues dans quatre séries de mesures faites à 260° avec divers mélanges de pentane et d'oxygène additionnés de quantités croissantes d'azote (les pressions sont mesurées en millimètres de mercure).

Mélange examiné.							
I. $C^5H^{12} + O^2$	P_n....	0	97,9	202,3	307,2	371,3	
($P_t = 400^{mm}$)	φ/φ_0..	1,000	1,136	1,262	1,437	1,530	
II. $C^5H^{12} + 3O^2$	P_n....	0	94,8	201,3	303,1		
($P_t = 400^{mm}$)	φ/φ_0..	1,000	1,117	1,262	1,441		
III. $C^5H^{12} + O^2$	P_n....	0	102,3	204,9	297,1	401,6	
($P_t = 300^{mm}$)	φ/φ_0..	1,000	1,173	1,351	1,494	1,696	
IV. $C^5H^{12} + O^2$	P_n....	0	98,5	198,9	306,6	387,3	502,6
($P_t = 200^{mm}$)	φ/φ_0..	1,000	1,241	1,462	1,715	1,930	2,183

Relations. I. : $\varphi = \varphi_0.(1 + 0,0014\ .P_n)$; II. : $\varphi = \varphi_0.(1 + 0,0014\ .P_n)$; III. : $\varphi = \varphi_0.(1 + 0,00175.P_n)$; IV. : $\varphi = \varphi_0.(1 + 0,00235.P_n)$.

La mesure à plus haute température des retards à l'inflammation des mêmes mélanges confirme la validité de la relation (3). Pour un mélange donné de pentane et d'oxygène, ce retard τ varie donc en fonction de l'addition d'azote selon la loi

$$\tau(1 + \alpha P_n) = \text{const.} \tag{5}$$

Les mélanges carburés utilisés industriellement contiennent de l'air comme comburant. A partir de 250°, ils s'oxydent donc beaucoup plus rapidement et s'enflamment dans un délai bien plus bref que les mélanges sans azote, dont les pressions partielles d'oxygène et de carbure sont les mêmes. A chaque température, la fonction φ de l'oxydation lente est, d'après les mesures précédentes, de deux à quatre fois plus grande et le retard τ à l'inflammation, de deux à quatre fois plus faible.

Les lois énoncées ci-dessus cessent d'être valables aux faibles pressions dès que la température atteint et dépasse 300°. Il a été montré que l'élévation de la température au delà de 300° ralentit la combustion et qu'une

(1) Pour les réactions en chaînes non ramifiées, la théorie prévoit et l'expérience a confirmé que $\alpha = \text{const.}/P_t$.

addition d'azote agit alors de même. Mais ces effets anormaux du gaz inerte et de la température s'atténuent rapidement quand la pression augmente et, aux fortes pressions, ces deux variables favorisent la combustion des mélanges carburés. Les relations découvertes dans le présent travail sont donc valables pour les phénomènes de combustion lente et d'inflammation spontanée qui se produisent à toute température sous des pressions assez élevées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mécanisme de diffusion à travers les oxydes protecteurs et influence de la pression sur la vitesse d'oxydation du nickel.* Note (¹) de M. **Gabriel Valensi**, présentée par M. Georges Urbain.

I. La vitesse d'oxydation d'un métal s'identifie le plus souvent à la vitesse de pénétration de l'oxygène à travers son oxyde. Certains faits, tels que la marche isotherme de la réaction ou l'influence des rayons de courbure (²), s'expliquent sans hypothèses spéciales sur l'*agent diffusant*. D'autres, par contre, tels que l'influence de la pression ou le cas de métaux à valences multiples, nécessitent une interprétation plus intime.

II. La présente théorie admet l'existence d'atomes d'oxygène appartenant au réseau de l'oxyde, mais doués de *mobilité* à partir d'un *seuil d'énergie* γ, soit en moyenne $\gamma/3$ par degrés de liberté, suivant lequel chaque atome possède un nombre entier de quanta. La fraction mobile sera $e^{-\frac{\gamma}{3kT}}$ ou $e^{-\frac{W}{RT}}$, k désignant la constante de Boltzman, R la constante des gaz, et W ou *énergie d'activation*, le tiers du seuil d'énergie par molécule-gramme d'oxygène (³).

Considérons l'oxyde en voie de formation, et en contact avec l'atmosphère de pression P d'oxygène, et avec le métal résiduel. *Sur la face externe*, certains atomes s'échappent en laissant des *lacunes*. La compensation due à la phase gazeuse crée un équilibre statistique, pour lequel la vitesse d'évasion, proportionnelle au nombre d'unités mobiles, est égale à la vitesse de condensation, proportionnelle à la pression d'oxygène et au nombre de lacunes. Pour N nœuds du réseau réservés à l'oxygène et h_1 atomes effectifs (libres ou liés) par unité de volume, il y a $N - h_1$ lacunes. D'où

$$(1) \qquad h_1 = \frac{KNP}{e^{-\frac{W}{RT}} + KP} \qquad (K = \text{const.}).$$

(¹) Séance du 23 novembre 1936.

(²) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 523 et 602; **202**, 1936, p. 309 et 414.

(³) Dunn (*Proc. Roy. Soc.*, **3**, A, 1926, p. 203) a procédé à l'évaluation analogue.

Quand la pression s'abaisse à la tension de dissociation f, les lacunes deviennent assez nombreuses pour que l'oxyde, peu cohérent, se décompose. *Sur la face interne*, l'oxyde, à sa limite de stabilité, prend dès lors la concentration

$$h_2 = \frac{\mathrm{KN}f}{e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}} + \mathrm{K}f}. \tag{2}$$

La différence de concentrations motrice $\mathrm{H} = h_1 - h_2$ permet la circulation de l'oxygène, et ce phénomène obéit à la loi de Fick.

Imaginons, en effet, une diffusion à travers l'aire ds, et suivant la normale $\mathrm{O}z$ à une famille de plans réticulaires, distants de l. Durant le temps dt, chaque plan de concentration x, expulse sur le plan qui le suit un nombre d'atomes proportionnel à

$$\left(e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}x\right)\left[(\mathrm{N}-x) + \frac{\partial(\mathrm{N}-x)}{\partial z}l\right].$$

Il en reçoit proportionnellement à

$$\left[e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}x + \frac{\partial\left(e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}x\right)}{\partial z}l\right](\mathrm{N}-x).$$

D'où le débit efficace

$$d\left(\frac{d\mathrm{Q}}{dt}\right) = -k\mathrm{N}le^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}\frac{\partial x}{\partial z}ds \qquad (k = \text{const.}).$$

Si l'élément de surface ds, dont $\mathrm{O}z$ est la normale, fait l'angle α avec les plans réticulaires les plus voisins, dont $\mathrm{O}n$ est la normale,

$$d\left(\frac{d\mathrm{Q}}{dt}\right) = -\frac{kl}{\cos^2\alpha}\cdot\mathrm{N}e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}\frac{\partial x}{\partial z}ds.$$

Dans le cas général, une surface *finie* S à débit uniforme, coupe plusieurs cristaux, $kl/\cos^2\alpha$ prend une valeur moyenne A et, μ désignant le coefficient de diffusion

$$\frac{d\mathrm{Q}}{dt} = -\mathrm{AN}e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}\frac{\partial x}{\partial z}\mathrm{S} = -\mu\frac{\partial x}{\partial z}\mathrm{S}. \tag{3}$$

Supposons les surfaces équipotentielles égales (lames métalliques). *En régime*, $d\mathrm{Q}/dt$, indépendant du niveau z, s'identifie à la vitesse d'oxydation. Soit g l'épaisseur à l'instant t de l'oxyde MeO^a de densité D et de masse moléculaire M ($\mathrm{M} = \mathrm{MeO}^a$). En intégrant (3), d'abord par rapport aux variables x et z, faisant $x = h_1$ pour $z = 0$ et $x = h_2$ pour $z = g$, puis par rapport aux variables t et Q avec $\mathrm{Q} = 0$ pour $t = 0$, on obtient en atomes-grammes d'oxygène

$$\mathrm{Q}^2 = \frac{2\mathrm{D}\mu\mathrm{HS}^2}{\mathrm{M}}t = \frac{2a\mathrm{ADNS}^2}{\mathrm{M}}\cdot e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}\left(\frac{\mathrm{N}}{1+\frac{e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}}{\mathrm{KP}}} - \frac{\mathrm{N}}{1+\frac{e^{-\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{RT}}}}{\mathrm{K}f}}\right)t.$$

La réaction progresse proportionnellement à la racine du temps. *A des pressions suffisantes*, $e^{-\frac{W}{RT}}KP$ se néglige devant l'unité : *la vitesse d'oxydation ne dépend pas de la pression*. Le coefficient thermique, proportionnel à $e^{-\frac{W}{RT}}$, satisfait à la loi d'Arrhénius, sauf au voisinage de la température de dissociation.

III. Les figures résument l'oxydation de lames de nickel de $0^{mm},1$ d'épaisseur, à *température fixe et pression décroissante*. Chacune comporte,

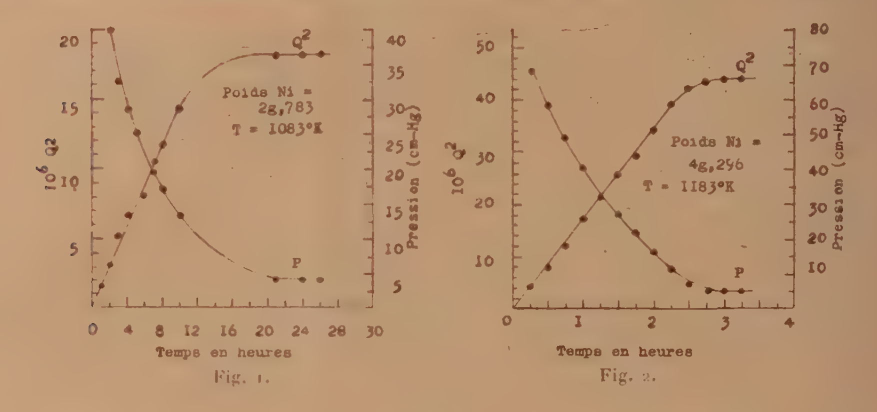


Fig. 1.

Fig. 2.

en fonction du temps, d'une part la pression P, et d'autre part la variation de Q^2. On voit que, jusqu'à une pression limite de l'ordre de 5^{cm} de mercure, au-dessous de laquelle la réaction se ralentit fortement, Q^2 demeure proportionnel au temps, c'est-à-dire que la pression n'a effectivement pas d'influence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les constantes de dissociation de l'acide réductinique et de son produit d'oxydation par l'iode*. Note de M. **Georges Carpéni**, présentée par M. Georges Urbain.

L'acide réductinique se place, par sa constitution et ses propriétés, dans la série des corps endiol-α-cétoniques, —C(OH)=C(OH)—CO, si remarquables par leur pouvoir réducteur et la force de leur acidité. Isolé et étudié très complètement par T. Reichstein et R. Oppenauer [1], ce corps

---

[1] *Helv. Ch. Acta*, **16**, 1933, p. 988 et **17**, 1934, p. 390.

possède la structure cyclique

$$\underbrace{CH^2-CH^2-C(OH)=C(OH)-CO.}$$

Une solution aqueuse d'iode oxyde le groupe endiol avec libération de 2HI et formation de l'acide *oxyréductinique*

$$\underbrace{CH^2-CH^2-CO-CO-CO.}$$

un ou plusieurs groupements CO pouvant être hydratés. Ces deux corps n'ont pas encore été étudiés, à ma connaissance, du point de vue de leurs constantes de dissociation. Cette étude a pour but de combler cette lacune.

J'ai employé à cet effet la méthode électrométrique, suivant la technique déjà décrite pour la réductone et l'acide ascorbique ([1]). On opère à 20° avec des électrodes de Pt et de verre, les concentrations étant 0,02 M pour l'acide réductinique et 0,1 M pour NaOH et HCl.

Acide réductinique. — Deux échantillons de puretés différentes m'ont fourni les mêmes valeurs. Les courbes de titrage sont parfaitement normales et reproductibles; les potentiels sont stables et le produit ne subit pas de décomposition (titre d'iode en fin d'opération identique à celui du début). Les points d'inflexion obtenus à 20° avec les électrodes de Pt et de verre, diffèrent cependant légèrement entre eux. Comme, avec l'électrode de verre, les courbes sont un peu *aplaties* dans la région du point d'inflexion (les accroissements de potentiel sont, toutes choses égales, plus faibles qu'avec les électrodes de Pt), on doit choisir les indications des électrodes de Pt ([2]).

On trouve ainsi $k^{20°} = 1,9.10^{-5} \pm 0,05$ ($p_k = 4,72$). Il ne semble pas qu'il y ait une deuxième constante dans la région alcaline.

Acide oxyréductinique. — On distingue, comme précédemment ([1]), des courbes de titrage rapide et lent. La solution obtenue après oxydation par l'iode, brunit de plus en plus au fur et à mesure que l'on avance dans la région alcaline. Le titrage en retour par HCl ne fait pas disparaître complètement cette coloration, ce qui est la preuve d'une certaine altération.

a. Titrage rapide. — Le titrage, par la soude, effectué rapidement, conduit à une constante $k_0^{20°} \simeq 3,3.10^{-9}$ ($p_k \cong 8,48$), mais étant donné

([1]) GEORGES CARPÉNI, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1065 et **203**, 1936, p. 75.

([2]) Ces différences ne sont certainement pas dues à la présence du Pt platiné et de l'hydrogène, ou de l'azote (électrode de verre).

l'évolution très rapide de la solution dans cette région, cette valeur n'est qu'approximative.

b. Titrage lent. — Si, après chaque addition de réactif, on attend une constance suffisante des potentiels (pratiquement on effectue les mesures immédiatement après l'addition de réactif et 24 heures plus tard), les courbes obtenues indiquent, avec les électrodes de Pt :

1° à l'aller (NaOH), un palier net dont le point d'inflexion correspond à pH = 5,4 (même valeur avec l'électrode de verre);

2° au retour (HCl), la première inflexion est située à pH ~ 4, la deuxième, correspondant à un palier très net, indique pH = 8,4 (avec l'électrode de verre les valeurs correspondantes sont pH = 4,2 et pH = 8,55).

Il est à noter que, probablement à cause de la légère altération révélée par la coloration de la solution, les courbes fournies par les titrages sont plus difficiles à interpréter que dans les cas de l'oxyréductone et de l'acide oxyascorbique.

Conclusion. — Comme sa constitution et ses propriétés chimiques le laissent prévoir, l'acide réductinique est également, du point de vue du titrage électrométrique, analogue en tous points à la réductone et à l'acide ascorbique. Il en est de même de son produit d'oxydation par l'iode.

CHIMIE PHYSIQUE MINÉRALE. — *Influence de catalyseurs d'addition sur la décomposition catalytique de l'eau oxygénée en présence de bichromate.* Note de M. **Max Bobtelsky** et Mme **Ljuba Bobtelsky-Chajkin**, présentée par M. Georges Urbain.

L'ion Cr^2O^7 agit catalytiquement sur la décomposition de l'H^2O^2. Il se forme un composé peroxydé instable qui se décompose de lui-même en O^2 et Cr^2O^{7--}. Nous avons étudié l'influence qualitative et quantitative (en présence et en absence de catalyseurs d'addition), qu'ont certains ions et certaines solutions concentrées d'électrolytes neutres, de même que l'alcool éthylique sur la décomposition du corps peroxydé. Afin d'évaluer la perturbation apportée par les parois des récipients, des essais parallèles furent exécutés dans des récipients de verre, et des récipients paraffinés. Le dispositif expérimental a déja été décrit antérieurement ([1]).

([1]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 604-606.

Des essais *sans* cataliseurs d'addition avec des mélanges de bichromate et d'eau oxygénée à concentrations variables, à des températures variant de 5 à 25° C. donnèrent le résultat suivant : dans toutes les conditions, la vitesse de décomposition de l'H^2O^2 est *proportionnelle* aux concentrations de l'H^2O^2 et du bichromate. La réaction est *pseudo-monomoléculaire*. Les essais sans catalyseur d'addition sont difficiles à reproduire; par contre en prenant les ions Cu^{++}, ou bien Mn^{++}, comme catalyseurs d'addition, on obtient des réactions qui sont assez facilement reproductibles. Presque tous les essais parallèles en récipients de verres ou paraffinés fournirent des résultats identiques. Le coefficient de température (K_{25-15}) oscille, *en l'absence* de catalyseurs d'addition, autour de la valeur 2,5.

Il est intéressant de noter le comportement identique de Cr^2O^{7--} et de CrO^3 (à distinguer des ions CrO^{4--}) par rapport à l'eau oxygénée : tous les deux donnent, en solution aqueuse, des composés peroxydés de couleur violette; dans des solutions alcooliques, les composés peroxydés se distinguent autant par leur couleur que par leur stabilité. Il en est tout autrement pour l'ion CrO^{4--} : il catalyse à peine la décomposition de l'H^2O^2 et ne donne pas de composé intermédiaire (qui serait signalé par un changement de couleur), ni en solution aqueuse ni en solution alcoolique. Ces faits sont en faveur de l'idée que CrO^3 dissous se trouve en solution sous forme d'acide bichromique.

L'influence de solutions concentrées de sels neutres (3 *n*) sur le mélange d'H^2O^2 et de bichromate est petite : NH^4Cl accélère un peu la réaction; $(NH^4)^2SO^4$, par contre, la retarde un peu. L'action de ces sels fut semblable en présence de catalyseurs d'addition (Cu^{++} et Mn^{++}). Nous avons constaté la série décroissante suivante de l'influence catalytique d'ions à valences variables

$$Mn^{++} > Cu^{++} > Fe^{+++} > Co^{++} > Ni^{++}.$$

Les essais avaient la composition générale suivante :

$$1^{cm^3}\ H^2O^2\ 1,64\ \text{mol/l} + X^{cm^3}\ \text{solut. de catal.} + (18\text{-}X)^{cm^3}\ \text{d'eau (ou de solut. saline conc.)}$$
$$+ 1^{cm^3}\ K^2Cr^2O^7\ 0,05\ \text{mol/l}\quad t = 5^\circ,\ 15^\circ,\ 25^\circ,\ (\pm 0,1^\circ)\ C.$$

Les chlorures et sulfates d'ions catalytiques eurent le même effet, à l'exception, toutefois, du $CuCl^2$ (1). L'ion Fe^{+++} donnait une action appréciable même pour une solution à 0,02 mol/l; mais les solutions contenant cet ion se troublaient avec le temps. Pour des concentrations *plus petites*

(1) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 573-575.

en ions Mn^{++} et Cu^{++}, on a la formule $V = a \log C$ (V = vitesse de décomposition de H^2O^2, a = constante spécifique et C = concentration du catalyseur). D'autre part, pour des concentrations plus fortes, les valeurs de V croissent plus rapidement que $\log C$. Les limites de concentration inférieures permettant encore un effet catalytique net, peuvent être indiquées assez rigoureusement; les limites supérieures par contre sont floues et soumises à de grandes variations. Les limites inférieures sont pour l'ion Mn^{++} : $0^{mol},00005$; Cu^{++} : $0^{mol},001$; Co^{++} : $0^{mol},001$; Ni^{++} : $0^{mol},1$.

Les effets de Ni^{++} sont à la limite de l'action catalytique et de celle de sel neutre. *Les concentrations nécessaires pour obtenir* (dans le domaine sensible pour chaque catalyseur) *des effets égaux* sont, pour les divers ions,

$$Mn^{++} : Cu^{++} : Co^{++} : Ni^{++} = 1 : 50 : 150 : 7500.$$

Le coefficient de température K [illegible] de la catalyse de l'ion Mn^{++} est = 3,0, celui de l'ion Cu^{++} : K [illegible] = 2,85. Il est curieux d'observer que ces coefficients de températures sont presque *égaux* et très rapprochés de ceux de la réaction fondamentale ($H^2O^2 + K^2Cr^2O^7$). On en conclura que *les catalyseurs d'addition n'ont pas de coefficient spécifique de température. Leur dépendance quant à la température est reliée à celle de la réaction fondamentale.* En considérant la réaction fondamentale comme *primaire*, et la catalyse d'addition (réaction auxiliaire) comme *secondaire*, on a ainsi, en fixant le coefficient de température, la possibilité d'une étude plus profonde du mécanisme des réactions de catalyse d'addition.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La décomposition du ferrite de cadmium.* Note [1] de MM. **Hubert Forestier** et **Francis Redslob**, transmise par M. Pierre Weiss.

En cherchant à préciser les conditions de préparation optima du corps ferromagnétique obtenu par recuit du ferrite de cadmium à 160° [2], nous avons constaté que ce corps pouvait se former également par simple ébullition dans l'eau, du précipité lavé, et que le ferromagnétisme apparaissait même après un séjour de plusieurs heures à 40° en milieu humide; l'eau semblant jouer un rôle important dans la formation de ce composé, nous

---

(1) Séance du 21 novembre 1936.

(2) H. Forestier, *Thèse*, Paris, 1928.

avons cherché à définir son rôle dans la réaction et à identifier les composés formés.

L'analyse thermomagnétique du précipité Fe^2O^3, CdO encore humide (après lavage et filtration), conduit à la courbe représentée par la figure (vitesse de chauffage : 100° en 45′); elle montre que l'aimantation commence à apparaître vers 70°, croît de plus en plus rapidement, passe par un maximum au voisinage de 140° puis décroît très vite; elle a repris une valeur très faible à 200°; si la température dépasse 300°, la substance après refroidissement ne conserve aucune trace de ferromagnétisme, elle s'est transformée d'une manière irréversible (*op. cit.*); cette transformation est déjà décelable aux températures supérieures à 140°.

Si nous remplaçons l'analyse thermomagnétique par un séjour du précipité pendant plusieurs heures dans l'eau à différentes températures, nous constatons que :

1° à 20°, quelle que soit la durée de l'expérience, le précipité ne devient pas ferromagnétique;

2° à 40°, l'augmentation de susceptibilité est déjà décelable après 40 heures;

3° à 100°, l'aimantation est très accusée après une ébullition de 30 minutes et atteint pratiquement sa limite au bout de 15 heures. Ce corps est alors assez fortement ferromagnétique.

Au lieu de laisser le précipité en contact avec l'eau, enlevons-lui celle-ci à froid (en présence de P^2O^5 par exemple, ou en le laissant se dessécher à l'air pendant un temps suffisamment long), il devient dès lors impossible d'obtenir une substance ferromagnétique quel que soit le traitement thermique utilisé postérieurement. *La présence de l'eau est donc indispensable à la production du corps ferromagnétique.*

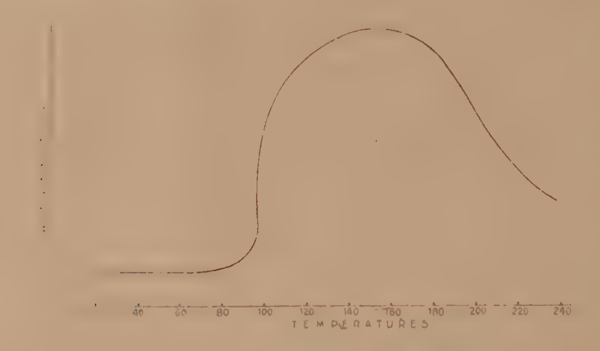
D'autre part, si nous traitons un échantillon fortement ferromagnétique (préparé à l'ébullition par exemple) par du cyanure de potassium à chaud jusqu'à disparition complète de l'oxyde CdO, nous constatons que les propriétés magnétiques n'ont pas varié : le ferromagnétisme n'est donc pas dû au ferrite *mais seulement à l'oxyde* Fe^2O^3 *sous une forme ferromagnétique instable.*

Le diagramme Debye-Sherrer de ce produit, bien qu'assez flou, correspond à celui que donne la magnétite : nous sommes donc en présence de la variété cubique du sesquioxyde de fer, qui est comme on le sait, fortement ferromagnétique.

Il semble que l'on pourrait expliquer la formation de ce corps par le processus suivant :

a. Précipitation simultanée : $Fe^2O^3 + CdO = Fe^2O^3.CdO$.

b. Hydrolyse : $Fe^2O^3.CdO + H^2O = Fe^2O^3$ (cubique inst.) $+ Cd(OH)^2$ sans passer par l'intermédiaire d'un hydrate stable (lépidocrocite) comme c'est parfois le cas pour le ferrite de sodium (1); il rappelle plutôt le mode de formation des sesquioxydes de fer ferromagnétiques instables provenant de la décomposition des ferrites de glucinium (2) ou de l'hydrolyse des ferrites de potassium et de lithium (3).



Rappelons d'autre part que le précipité $Fe^2O^3.CdO$ ne présentant pas de point de Curie à 675°, il ne peut plus exister d'oxyde Fe^2O^3 libre à cette température, celui-ci s'est donc recombiné à l'oxyde CdO avant 675°; la structure du produit chauffé au delà de 700° est d'ailleurs du type cubique à faces centrées, très voisine de celle du type spinelle (4).

Cet exemple montre, une fois de plus, la facilité avec laquelle on peut obtenir la variété cubique instable ferromagnétique du sesquioxyde de fer, lorsqu'il peut y avoir une scission entre les deux oxydes, dans les combinaisons $Fe^2O^3.MO$.

---

(1) G. Chaudron et A. Girard, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 97 et A. Girard, *Thèse*, Lille 1935; S. Goldsztaub, *Thèse*, Paris 1934.

(2) H. Forestier et M. Galand, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 733; H. Forestier et G. Guyot-Guillain, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 720.

(3) A. Girard et G. Chaudron, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 925; A. Girard, *loc. cit.*

(4) H. Forestier, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 842.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action combinée de l'hydrogène et de la chaleur sur les arséniates alcalino-terreux*. Note de M. **Henri Guérin**, présentée par M. Georges Urbain.

L'action de l'hydrogène sur les arséniates alcalino-terreux n'a fait l'objet jusqu'ici d'aucune étude systématique.

Au cours de recherches se rapportant à l'action de cet élément sur les diverses arséniates alcalino-terreux nous avons pu préciser un certain nombre de faits qui nous ont conduit aux conclusions suivantes.

I. *Arséniates tribasiques*. — *a*. L'arséniate tricalcique est réduit dès 400° en arsénite tricalcique qui est décomposé lui-même dès cette température avec formation d'eau, d'arsenic et d'oxyde de calcium.

b. L'hydrogène transforme l'arséniate tristrontique en arsénite correspondant à partir de 400°; ce n'est qu'au-dessus de 550° que cet arsénite fournit, sous l'action de l'hydrogène, de l'oxyde de strontium, de l'arsenic et de l'eau.

La réduction de l'arséniate tristrontique par l'hydrogène constitue entre 400 et 550° un mode de préparation de l'arsénite tristrontique, composé qui n'avait pu être isolé à l'état pur jusqu'ici.

c. L'arséniate de baryum est réduit en arsénite tribarytique à partir de 450°; ce dernier n'est décomposé par l'hydrogène avec formation d'eau, d'arsenic et d'oxyde de baryum qu'au-dessus de 650°.

L'arséniure de baryum qui apparaît dans le résidu, à l'état de traces dès 700°, en quantité plus importante entre 750 et 900°, semble résulter de l'action de l'arsenic, provenant de la décomposition de l'arsénite sur la baryte fournie par cette même décomposition.

Traités par l'eau, les produits formés entre 750 et 900° donnent lieu à un dégagement d'hydrogène arsénié inodore. La baryte passe en solution et la partie insoluble est constituée par de l'arsenic brun. Cet arsenic semble préexister dans la masse obtenue au cours de la réduction, sous forme d'arsenic adsorbé par la baryte. On peut l'isoler de cette masse soit par chauffage dans le vide, soit par action de l'eau.

II. *Pyro et métaarséniates*. — 1° Sous l'action de l'hydrogène les méta et pyroarséniates alcalino-terreux se transforment dès 350° en ortho-

arséniates tribasiques conformément aux équations

$$3(AsO^3)^2X + 4H^2 = (AsO^4)^2X^3 + 4OH^2 + 2As^2O^3,$$
$$3As^2O^7X^2 + 2H^2 = 2(AsO^4)^2X^3 + 2OH^2 + As^2O^3.$$

2° L'anhydride arsénieux qui résulte de ces réactions est réduit par l'hydrogène avec libération d'arsenic. Entre 350 et 500° celui-ci est partiellement adsorbé par l'arséniate tribarytique sous une forme très divisée, de couleur brune, de densité voisine de 4.5.

3° Les arséniates tribasiques qui prennent ainsi naissance subissent des transformations identiques à celles indiquées dans la première partie de cette Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de diagnose rapide et de dosage approximatif des alcools primaires, en présence des secondaires et des tertiaires, par formation d'éthers trityliques.* Note de M. **Sébastien Sabetay**, présentée par M. Marcel Delépine.

Pour doser la totalité des alcools primaires, secondaires et tertiaires on dispose actuellement de plusieurs méthodes, plus ou moins facilement maniables (Boulez, Zerewitinoff, Glichitch). Le dosage des alcools primaires et secondaires à côté des tertiaires a trouvé ces derniers temps des solutions satisfaisantes dans les procédés d'acétylation et de phtalisation pyridinée (Delaby-Breugnot-Sabetay, Radcliffe-Chadderton, Glichitch-Naves. Au contraire, le dosage des alcools primaires à côté des secondaires et tertiaires n'a pas trouvé jusqu'à présent une réalisation pratique. La phtalisation benzénique (Stephan, Schimmel) n'est nullement spécifique, comme voudraient le faire croire les traités d'analyse. Glichitch et Naves ont trouvé 39,6 pour 100 dans le cas du menthol et 52,7 pour 100 dans celui du bornéol.

La propriété que possède le triphénylchlorométhane (chlorure de trityle) de donner avec les alcools et les phénols des éthers trityliques d'après l'équation $(C^6H^5)^3C.Cl + ROH = (C^6H^5)^3COR + HCl$ est connue depuis longtemps, mais c'est le mérite de B. Helfferich et de ses collaborateurs d'avoir montré qu'en milieu pyridinique, à froid ou à chaud, et dans le cas des alcools, c'est surtout la fonction alcool primaire qui se trityle. Un procédé d'analyse basé sur ce fait ne semble pas avoir été élaboré. Nous avons trouvé que, par chauffage d'un alcool (ou glycol) avec un excédent de

chlorure de tritylé dans le toluène (ou le benzène, le xylène ou un autre solvant neutre) la tritylation s'effectue principalement sur la fonction alcool primaire. L'acide chlorhydrique résultant, reçu dans de la potasse aqueuse titrée ou dans du nitrate d'argent alcoolique N/5, mesure le degré de la tritylation. Plusieurs arguments d'ordre théorique semblaient s'opposer à l'emploi de ce mode opératoire : action de ClH sur le solvant, sur les esters éventuellement présents ou sur les éthers tritytiques, fixation de ClH sur les doubles liaisons ou chloruration de la fonction OH, fixation du groupement tritylique sur le noyau benzénique dans le cas des alcools aliphatiques-aromatiques, etc., mais l'expérience a prouvé que ces réactions ne se produisent qu'à un degré négligeable.

Pratiquement on procède de la façon suivante :

Dans le ballon Zeisel en pyrex (type Palfray), on dissout 2g de chlorure de trityle dans 20cm³ de toluène pur. On monte l'appareil, qui doit être rigoureusement sec, mais sans phosphore rouge et on le bouche simplement avec du liège. On chauffe une demi-heure à faible ébullition avec une veilleuse en faisant barboter un courant modéré de CO^2, préalablement desséché sur SO^4H^2 concentré. On laisse refroidir, balaie par un courant d'air le tube réfrigérant et remonte le tout après avoir eu soin d'ajouter dans le ballon 0,1-0g,5 d'alcool à analyser, rigoureusement privé d'eau. On chauffe à douce ébullition pendant 40 minutes à 1 heure et demie selon le cas particulier, en faisant barboter CO^2 et en recevant le ClH résultant dans une fiole contenant 20cm³ NO^3Ag $n/5$ alcoolique.

On lave à l'eau les parties ayant été en contact avec le nitrate d'argent et titre en retour dans le même vase par le sulfocyanure en présence d'alun de fer comme indicateur. Le pourcentage en alcool primaire se calcule d'après la formule

$$\frac{\text{cm}^3\ NO^3Ag\ n/10 \times \text{P.M.}}{p \times 100 \times n} \qquad (p = \text{prise d'esssai},\ n = \text{valence de l'alcool}).$$

Dans le cas des *alcools primaires* la tritylation est de l'ordre de 80-90 pour 100, par chauffage pendant 40 minutes et de 90-95 pour 100 par chauffage pendant 1 heure et demie. C'est ainsi que nous avons trouvé (le premier nombre ou un nombre unique indique le taux de tritylation pour 40 minutes, le second pour 1 heure et demie) les pourcentages suivants pour les alcools : *n*-octylique, 88, 94,5; géraniol, 78, 91; cétylique commercial, 83,3, 88,9; citronellol, 90; diméthyloctanol, 89,8, 93,7; benzylique, 86,8, 91,9; phényléthylique, 85,7, 96; cinnamique, 78, 93,1; phénylpropylique, 87, 93,1; cuminique, 88, 94,2; furfurylique, 86,1. En ce qui concerne les *alcools secondaires* le taux de tritylation est nettement plus bas. On a trouvé : cyclohexanol, 14,4, 25,1; menthol, 5,4, 9,8; bornéol, 9, 19,3; méthylbenzylcarbinol, 9, 14,9; tétrahydroionol, 16,2, 24,9; lactate d'éthyle, 2,2, 4,8; huile de ricin, 9 °/₀ de triricinoléine; cholestérol,

27; ergostérol, 29,7, 43,2. Les *alcools tertiaires* se tritylent légèrement : linalol, 2,2, 5,6; terpinéol, 1,8, 3,9; méthyléthylbenzylcarbinol, 1. Les *phénols* réagissent incomplètement : phénol, 19,3; eugénol, 10; *p*-oxybenzoate de méthyle, 17; résorcine, 27,5. Quant aux *amines*, on constate qu'une bonne partie de ClH est fixée sous forme de chlorhydrate insoluble dans le toluène. Les *glycols* se tritylent principalement à la fonction alcool primaire; on a donc un moyen rapide pour distinguer les glycols biprimaires, primaires-secondaires, bisecondaires, etc. C'est ainsi qu'on trouve en calculant pour la fonction alcool primaire : diéthylèneglycol, 87,8; α-monobenzylglycérine, 90,1; tartrate d'éthyle, 2,3, 4,9; phénylglycol, 90,6; benzoïne, 6,5, 11,8. Quand les OH sont fixés sur le noyau hydroaromatique, les résultats sont défavorables (quinite, 33,6). Les *esters* ne gênent pas et ne sont pas saponifiés par le ClH dégagé. Dans le cas des mélanges d'alcools primaire, secondaire et tertiaire, on trouve le plus souvent par le *jeu des compensations*, en choisissant une durée de tritylation favorable, des résultats suffisamment exacts. Un mélange contenant (en pour 100) 36,4 d'alcool phényléthylique, 32,6 de méthylbenzylcarbinol et 31 de linalol nous a donné au bout de 40 minutes, 33,1 d'alcool primaire; un autre contenant 74,8 de diméthyloctanol, 11,6 de bornéol et 13,7 de linalol, 63,6 (40 minutes) et 74,4 (1 heure et demie). Un troisième mélange contenant 22,6 de diméthyloctanol, 29,6 de bornéol et 47,8 de linalol, 20,4 d'alcool primaire (40 minutes).

Des résultats énoncés plus haut il résulte donc que la durée de trytilation et le solvant à employer dépendent de la nature des alcools. Ainsi, s'il s'agit simplement de diagnose, (alcools, glycols), on chauffe pendant 1 heure et demie : si le taux de la tritylation est supérieur à 80 pour 100 on pourra conclure à la présence de la fonction alcool primaire. Par ailleurs, une étude préliminaire sur le comportement de chaque alcool particulier peut être utile. Enfin pour des corps complètement insolubles dans le toluène, on choisira un solvant approprié. Dans le cas des alcools employés en parfumerie ou présents dans les huiles essentielles le toluène suffit amplement.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Application de la distillation dans le vide cathodique à la définition des brais et des bitumes*. Note de M. A. VILA, transmise par M. Jules-Louis Breton.

Les brais de houille, mélanges de composés aromatiques oxygénés et azotés, sous-produits de l'industrie du gaz et de l'industrie des fours à

coke, offrent de grandes difficultés d'analyse en raison de la diversité de leurs constituants.

Les surchauffes prolongées supportées par ces produits dans les appareils industriels les ont fortement polymérisés, leurs fonctions chimiques dissimulées restent généralement inertes en présence des réactifs spécifiques et rendent vaines les tentatives de séparation.

Redistiller ces brais à la pression normale provoque de nouvelles décompositions. Dès le début de l'expérience, la distillation s'accompagne d'émissions gazeuses, caractéristiques de destructions moléculaires qui se poursuivent. C'est le phénomène dit du cracking.

Dans un vide de 10 à 15^{mm} de mercure, on distille sans observer de cracking tant que la température ne s'élève pas aux environs de 200 à 250°. Mais le rendement reste faible la plus grande partie du brai ne se vaporisant pas dans ces conditions.

Nous avons constaté qu'en pratiquant cette distillation sous un vide poussé (vide cathodique) on améliorait sensiblement le rendement des séparations, et qu'il devenait possible de caractériser les produits examinés en établissant un graphique des fractionnements.

La méthode s'applique aussi bien à d'autres produits résiduaires tels que les bitumes de pétrole, mélanges d'hydrocarbures gras et cycliques; elle semble devoir s'employer également aux brais d'huilerie et de stéarinerie.

Pour l'étude des brais on s'est servi d'un appareil à distillation fractionnée analogue à celui adopté par M. H. Weiss et ses élèves dans leurs recherches sur les lubréfiants.

Une trompe de Langmuir, à vapeur de mercure, à double effet produit dans le système un vide de l'ordre de 10^{-3} mm de mercure; ce vide est contrôlé à tout moment par l'extinction ou la luminosité d'un tube de Plücker. A l'extrémité de l'appareil un piège refroidi par de l'air liquide assure la condensation des vapeurs.

De nombreuses expériences ont permis d'isoler de brais d'origines variées de 20 à 85 pour 100 de produits fractionnables dans le vide cathodique, alors que les mêmes brais, traités dans un vide de trompe à eau ne laissent distiller que des quantités très inférieures.

La définition des goudrons, des brais ou des bitumes convenant, ou non, à la préparation des revêtements protecteurs des métaux peut être citée comme exemple d'application de cette méthode.

Pour entrer dans la composition des revêtements protégeant bien les matériaux, les produits doivent satisfaire à des exigences spéciales. Par

exemple, dans le cas des revêtements protecteurs des métaux corrodables, le produit devra contenir un minimum de substances résinoïdes stables. Il devra être susceptible de former une pellicule imperméable à l'eau, assez dure, adhérente au subjectile et suffisamment souple pour en épouser les petites déformations. En définitive assurer une protection antioxyde efficace.

Les matières possédant ou non ces qualités se distinguent précisément par des courbes de distillation dans le vide cathodique très différentes.

Dans le tableau ci-dessous les résultats trouvés caractérisent des fractionnements obtenus avec des vernis préparés à partir de produits résiduaires appartenant aux deux types de matières.

	Rendement des fractions distillées		
Origine des produits.	entre 150° et 220°.	entre 220° et le cracking.	Température du cracking.
a. Vernis donnant des revêtements solides.			
Brai d'usine à gaz	16	20	320
Brai de cockerie	5	20	320
Bitume de pétrole	7	31	350
b. Vernis donnant des revêtements fragiles.			
Brai de cockerie	20	10	306
Bitume de pétrole	3	6	276

L'appréciation de la qualité solide ou fragile des revêtements se détermine en soumettant des éprouvettes d'acier, recouvertes de poids comparables de vernis préparés avec ces brais, à des épreuves d'usure artificielle rapide ([1]).

On voit que les indications apportées par la distillation fractionnée dans le vide cathodique, en donnant les teneurs en corps utiles des produits examinés, complètent et précisent qualitativement les mesures physiques seules pratiquement usitées jusqu'ici pour définir les brais. Il est présumable que l'amélioration des rendements obtenus par cette méthode de séparation est de nature à apporter d'appréciables commodités dans l'étude chimique des brais et des bitumes.

([1]) A. Vila, *Recherches et Inventions*, n° 258, mars 1936, p. 79. *Appareil pour l'étude et la mesure de la résistance des revêtements protecteurs des métaux.*

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude du parazoxyanisol sous les états solide, liquide anisotrope et liquide isotrope.* Note de M. **Pierre Chatelain**, présentée par M. Aimé Cotton.

Obtenu par évaporation lente d'une solution dans l'éther, l'azoxyanisol solide se présente sous forme de cristaux monocliniques à symétrie holoédrique, limités le plus souvent par les faces (001), (100), (012), $(11\bar{1})$, qui font entre elles les angles suivants :

$$(001)(100) : 108°20', \qquad (012)(11\bar{1}) : 129°9',$$
$$(012)(01\bar{2}) : 101°50', \qquad (01\bar{2})(11\bar{1}) : 144°5'.$$

Les paramètres cristallographiques, calculés à l'aide de ces valeurs, sont

$$a : b : c = 1,988 : 1 : 2,590, \qquad B = 108°20'.$$

Ces nombres sont en assez bon accord avec ceux déterminés au moyen des rayons X par Würstlin [1].

Ces cristaux sont des biaxes positifs, le petit axe de l'ellipsoïde des indices est dirigé suivant l'axe binaire, le grand axe situé dans le plan de symétrie fait avec la face (001) un angle de 41°, il est parallèle à la rangée [101]. L'angle 2V des axes optiques, mesuré pour la raie D, vaut 14°.

Les indices ont été déterminés par la méthode du prisme utilisée précédemment pour l'azoxyphénétol [2]; on obtient les résultats :

λ	$0^{\mu},650$.	$0^{\mu},589$.	$0^{\mu},546$.	$0^{\mu},492$.
n_p	1,559	1,565	1,570	1,580
n_m	1,568	1,573	1,580	1,589
n_g	2,148	2,212	2,275	»

L'azoxyanisol fond à 115° en donnant un liquide anisotrope qui passe à l'état de liquide isotrope à 134°.

J'ai fait une étude complète des indices du liquide en utilisant la méthode des anneaux de Newton déjà décrite [3] au sujet des mesures relatives à l'azoxyphénétol.

---

(1) *Zeits. für Krist.*, 88, 1934, p. 185.

(2) P. Chatelain, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 266.

(3) P. Chatelain, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 412.

La précision est ici un peu moins grande car l'azoxyanisol peut donner non seulement des plages où l'axe des molécules est parallèle à la surface du verre, mais aussi des plages où il est perpendiculaire; il en résulte une plus grande difficulté à avoir de belles préparations; de plus chauffé trop longtemps l'azoxyanisol peut s'altérer.

Les résultats pour les diverses longueurs d'onde sont réunis dans le tableau ci-dessous :

		Liquide anisotrope.					Liquide isotrope.	
Température........		105°.	115°.	125°.	130°.	132°.	137°.	150°.
$\lambda = 0^{\mu},650$	n_e.......	1,874	1,855	1,820	1,786	1,773	1,626	1,616
	n_0.......	1,540	1,542	1,546	1,554	1,560		
$\lambda = 0^{\mu},546$	n_e.......	1,912	1,890	1,852	1,820	1,803	1,655	1,644
	n_0.......	1,560	1,562	1,565	1,574	1,580		
$\lambda = 0^{\mu},485$	n_e.......	2,021	1,996	1,954	1,922	1,898	1,704	1,694
	n_0.......	1,584	1,586	1,597	1,604	1,611		
$\lambda = 0^{\mu},436$	n_e.......	2,180	2,148	2,096	2,052	2,028	1,788	1,774
	n_0.......	1,662	1,666	1,676	1,686	1,692		

Ces nombres satisfont à la relation

$$\frac{1}{3}\left[\frac{n_e^2-1}{n_e^2+2}+2\,\frac{n_0^2-1}{n_0^2+2}\right]\frac{1}{d}=\frac{n_{\text{iso}}^2-1}{n_{\text{iso}}^2+2}\,\frac{1}{d'}=\text{const.}$$

La quantité $(n_e^2-1)/(n_e^2+2)-(n_0^2-1)/(n_0^2+2)$ est de la forme $f(\lambda)\,g(\mathrm{T})$ car le rapport des valeurs qu'elle prend pour deux longueurs d'ondes différentes est indépendant de la température.

Cet ensemble de résultats peut s'interpréter théoriquement de la façon suivante : représentons par $\psi(\varphi, \mathrm{T})$ le nombre de molécules qui, dans l'unité de volume d'une préparation orientée, font un angle φ avec la direction de l'axe optique à la température T. Si A, B, C sont les polarisibilités principales de la molécule, N le nombre d'Avogadro, M la masse moléculaire et d la densité de l'azoxyanisol, la polarisibilité de l'unité de volume est

$$\mathrm{P}z=\frac{\mathrm{N}\,d}{\mathrm{M}}\,\mathrm{C}-2\left(\mathrm{C}-\frac{\mathrm{A}+\mathrm{B}}{2}\right)\int_0^{\frac{\pi}{2}}\pi\,\psi(\varphi,\mathrm{T})\sin^3\varphi\,d\varphi,$$

suivant la direction parallèle à l'axe optique, et

$$\mathrm{P}y=\frac{\mathrm{N}\,d}{\mathrm{M}}\,\frac{\mathrm{A}+\mathrm{B}}{2}+\left(\mathrm{C}-\frac{\mathrm{A}+\mathrm{B}}{2}\right)\int_0^{\frac{\pi}{2}}\pi\,\psi(\varphi,\mathrm{T})\sin^3\varphi\,d\varphi,$$

suivant une direction perpendiculaire.

Or, si l'on néglige le champ moléculaire, on a

$$\frac{n_e^2-1}{n_e^2+2}=\frac{4\pi}{3}P_z, \qquad \frac{n_0^2-1}{n_0^2+2}=\frac{4\pi}{3}P_y;$$

d'où les relations

$$\frac{1}{3}\left(\frac{n_e^2-1}{n_e^2+2}+2\frac{n_0^2-1}{n_0^2+2}\right)\frac{1}{d}=\frac{4\pi}{3}\frac{N}{M}\frac{(A+B+C)}{3}=\text{const.},$$

$$\frac{n_e^2-1}{n_e^2+2}-\frac{n_0^2-1}{n_0^2+2}=\frac{4\pi}{3}\left(C-\frac{A+B}{2}\right)\left[\frac{N}{M}d-3\int_0^{\frac{\pi}{2}}\pi\psi(\varphi,T)\sin^3\varphi\,d\varphi\right].$$

Le terme hors crochets de la seconde relation ne dépend que de la longueur d'onde, tandis que le terme entre crochets ne dépend que de la température.

GÉOLOGIE. — *Le flanc méridional du synclinal de Tindouf dans les confins de la Mauritanie septentrionale.* Note de M. **Fernand Jacquet**, présentée par M. Charles Jacob.

Les études de N. Menchikoff ont fait connaître en 1930 [1] le flanc sud de la partie orientale du synclinal hercynien de Tindouf : la coupe typique d'Aouinet Legra débute, sur le Cristallin, avec un Silurien probable et s'élève par le Dévonien fossilifère jusqu'au Viséen caractérisé. En 1936 Th. Monod [2] recoupe le Silurien dans les mêmes parages et distingue lithologiquement, sous les schistes papyracés d'un Gothlandien douteux, un *Ordovicien typique;* le Gothlandien fossilifère reste inconnu.

Pour la partie occidentale du synclinal, les données géologiques antérieures sont fragmentaires. N. Menchikoff a reconnu en 1928 le Dévonien supérieur à Oum el Guetaa (SW de Tindouf). En 1935 il signale encore [3] le Dévonien moyen dans le Zemmour. En 1936, en rejoignant la Mauritanie par le Nord, j'ai pu traverser à mon tour l'Ouest du synclinal de Tindouf. Mes itinéraires recoupent tous les krebs du pays Mechems, en bordure de la Seguiet el Hamra; ils s'infléchissent ensuite vers l'Ouest, passent par Mgacem et Rgheoua et atteignent enfin le Zemmour.

La série du pays Mechems est monoclinale; l'orientation des couches est E-NE et les pendages N-NW varient entre 5 et 10°. Après la Hammada de

(1) *Revue Géog. Phys.*, 3, II; *Thèse*, p. 26.
(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1798.
(3) *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 4 février 1935, p. 37.

Tindouf, le premier kreb, au Sud de Hassi el Fokra, est formé de grès massifs, localement riches en *Spirifer*, *Rhynchonella* et *Pecten*. Sous ce kreb commence l'importante série schisto-calcaire de la Daia el Aam. Le sommet contient *Spirifer Verneuilli*, *Leptaena rhomboidalis* et *Schizophoria striata*. La partie moyenne est pétrie de Polypiers : *Cyathophyllum*, *Hexagoniophyllum*, *Phillipsastrea*. Sa base est constituée par des couches à *Calceola sandalina* recouvrant les horizons à *Spirifer* cf. *elegans*, *Sp. cultrijugatus* et *Sp. speciosus*. Sous la série de la Daia el Aam, le Dalaat el Admia est formé de grès à *Sp. Rousseaui*. De petites côtes plus inférieures correspondent à trois ou quatre dalles de calcaires à *Orthoceras*. Elles surmontent des grès et des schistes noirs qui reposent directement sur le Cristallin.

Vers le Sud-Ouest, à Mgacem et Rgheoua, les mêmes grès, avec des schistes intercalaires, s'appuient par un conglomérat sporadique sur les granito-gneiss du Karet.

Plus au Sud, dans le Zemmour, le synclinal de Tindouf, flanc Sud, orienté N-NE avec des pendages de 25 à 30°, se complique d'ondulations anticlinales secondaires avant de disparaître sous la Hammada El Hadeb. La série primaire est constituée, de haut en bas, par des grès massifs généralement sans fossiles. Cependant dans les régions méridionales ces grès sont coupés de schistes et de calcaires à *Stromatolithes*. Ils recouvrent des couches à *Spirifer* cf. *elegans* sous lesquelles des niveaux plus calcaires contiennent : *Atrypa reticularis*, *Orthis orbicularis*, *Productella aubaculeata* avec *Calceola sandalina*. Menchikoff a signalé en outre (25km au N-NE de la Guelta de Zemmour) un *Anarcestes*, voisin de *A. Rouvillei* du Givétien inférieur de la Saoura. Les grès à *Tentaculites* et à *Spirifer* cf. *Rousseaui*, plus inférieurs, forment un kreb au dessus des calcaires fétides à Orthocères et à Graptolithes que j'ai découverts. Ces calcaires reposent sur des grès massifs dans lesquels s'intercalent, avec des schistes psammitiques, d'autres calcaires à Stromatolithes et à géodes de quartz. La base des grès est parfois légèrement conglomératique ; elle surmonte le cristallin.

En parallélisant les coupes précédentes avec celle d'Aouinet Legra on voit que les grès supérieurs, souvent sans fossiles, exceptionnellement *Spirifer* sp., représentent le Famennien tandis que les schistes et calcaires à *Sp. Verneuilli* sont frasniens. Les couches à Polypiers peuvent être considérées comme givétiennes et les niveaux à *Calceola sandalina*, *Spirifer* cf. *elegans*, *Sp. cultrijugatus*, *Sp. speciosus* constituent un Eifélien précis. Enfin on doit attribuer au Coblencien les grès à *Tentaculites* avec *Sp. Rousseaui;* seul le Gedinnien reste indécis. Au-dessous les couches calcaires

à *Orthoceras* et à *Monograptus* sont gothlandiennes. Les grès inférieurs, ordoviciens dans le sommet, peuvent descendre jusque dans le Cambrien.

En résumé, dans le flanc sud du synclinal de Tindouf, la partie orientale est dirigée E-NE et la partie occidentale s'infléchit jusqu'au N-NE. Le début du Primaire est représenté par une sédimentation gréseuse avec des épisodes calcaires littoraux. On observe dans les régions méridionales des couches à *Stromatolithes* comparables à celles des plateaux mauritaniens. Comme ces formes, probablement mécaniques, se retrouvent dans les couches dévoniennes du Zemmour, elles perdent la valeur stratigraphique qu'on était tenté de leur donner en essayant de les paralléliser avec les *Archæcyathus* cambriens du Maroc.

La transgression gothlandienne est marquée dans la Seguiet el Hamra et le Zemmour par les faciès calcaires à Orthocères et à Graptolithes. Les trois termes du Dévonien avec les faciès néritiques à *Spirifer* existent dans le pays Mechems. Dans le Zemmour, les deux termes inférieurs sont seuls caractérisés, une zone de faciès profond, type Saoura, atteint le massif de la Guelta au Givétien; les équivalents du Dévonien supérieur sont à chercher dans les faciès gréseux ou calcaires très littoraux. En définitive, au cours de l'époque dévonienne, la mer s'est retirée peu à peu vers le Nord et le Carbonifère ne paraît pas s'être déposé dans le Zemmour.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie des régions recouvertes par les roches vertes du Nord-Ouest de la Syrie.* Note de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Charles Jacob.

Le soubassement des roches vertes syriennes apparaît dans l'Amanus et au Dj. Akra. F. Frech ([1]) a donné une coupe qui doit être modifiée de l'Amanus. M. Blanckenhorn ([2]) y a signalé un grès à *Chonetes*, *Strophomena*, etc. Le Dj. Akra restait inconnu.

Coupe de l'Amanus sous le Miqber Tepe (frontière turque) :

I. *Primaire plissé.* — Schistes gréseux brun gris, subverticaux, WSW-ENE, monotones sur plusieurs 1000^{m}. Surface d'érosion régulière, subhorizontale. Grains de quartz ([3]), gros et fins, anguleux, feldspaths et micas, noyés dans une argile fine, qui a été peu comprimée. Frech y signale un *Bilobite* et *Acaste* sp, mais le Trilobite est,

([1]) *Z. deutsch. geol. ges.*, Bd. 68, 1916, p. 1-325, pl. I-XXIV.

([2]) *Grundzüge der geologie u. physik. Geographie von Nord-Syrien*, 1891.

([3]) Mes plaques minces ont été examinées par M. Michel Lévy.

d'après ce que veulent bien m'indiquer le professeur Richter et Madame (Francfort, 1936), un *Dalmanitina* ordovicien, voisin de *D. solitaria* Barr. et *D. incerta* Deslongchamp.

II. *Primaire non plissé, subhorizontal* : *a. Grès quartziteux rose*, 380m. Quartz de granite, à extinction roulante et zircon, feldspath acide, mica blanc, tourmaline; ciment de feldspath, kaolinite, finement sériciteux. Les grains, bien calibrés, roulés, indiquent des dunes.

b. Calcaire dolomitique gris, 160m, concordant. Brêche de base (1 à 2m) à galets calcaires clairs et schiste violacé, enveloppés dans du calcaire et du grès jaune. Au-dessus, calcaire gréseux dolomitisé, à mica clastique et rognons de silex, grès sombre et jaune brun. Puis, calcaire dolomitisé clair, recristallisé. Au sommet, 15m de calcaire ferrugineux rose, à fragments de *Crinoïdes*.

c. Le calcaire passe à des alternances de fins lits de calcaire clair et de schiste séricileux, verdâtre. Puis alternent des *schistes à séricite et des grès psammitiques*, 160m. Quartz anguleux, à zircon; feldspath, mica blanc, sphène, tourmaline, rutile; ciment d'homatite rouge et de séricite.

d. Schistes rouge-violet à séricite. Environ 10m.

III. *Secondaire transgressif, subhorizontal*. — Grosse brêche de calcaire dolomitique; puis dolomies, marnes et calcaires. Plusieurs 100m. Faible discordance angulaire avec le Primaire. Faune très pauvre : *Radiolaires* dans la partie moyenne, calcaire avec rognons de silex (Jurassique ?); *Radiolaires et Rosalina Linnei* dans des calcaires en plaquettes du sommet (base du Sénonien). Suivent les roches vertes.

La série I, séparée du complexe II par une discordance fondamentale, doit être calédonienne. Le complexe II serait surtout dévonien; le niveau II *c* est d'ailleurs très semblable aux psammites tournaisiennes du Dj. Abd el Aziz [1] (Djezireh). Le complexe III doit comprendre depuis le Trias jusqu'au Sénonien inférieur.

Le soubassement calédonien paraît être commun à l'Amanus et à l'Anti-Liban. Les dépôts post-calédoniens n'ont pas été intensément plissés dans l'Amanus [2].

Le *Djebel Akra* (Sud-Ouest d'Antioche) est un dôme aigu, à cœur jurassique et enveloppe crétacée accidentée. Voici une coupe à mi-hauteur, sur le versant sud :

Jurassique terminal, 10m :

a. Fine brèche calcaire en gros bancs karstiques;

b. Lumachelle ferrugineuse, puis calcaire ferrugineux détritique;

---

(1) L. Dubertret, A. Keller et H. Vautrin, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1254.

(2) Cette conclusion est en opposition complète avec les descriptions de L. Kober, *Geologische Forschungen in Vorder-Asien*, 1915; *Denkschr. Math. Nat. Kl. K. Akad. Wisseusch., Wien*, **91**, p. 379-427, pl. I-III.

c. Calcaire noduleux à *Mytilus* (*Pachymytilus*) *crassissimus* Böhm. (Portlandien de Kelheim, Souabe) et *Nerinea* cf. *cochladaformis* Conr.;

d. Calcaire à *Burgundia ramosa* Pf., *Lovcenipora* ou *Monotripella* cf. *timorica* (dét. J. Pfender) et *Natica athleta* d'Orb. (dét. Delpey).

Aptien :

e. Calcaire marneux noduleux, verdâtre, à Foraminifères (Milioles) et *Nerinea Coquandiana* d'Orb. 10^{m};

f. Calcaire oolithique jaune, puis blanc, pétri d'*Orbitolina conoidea-discoidea* Gras (det. Doncieux) et à *Nerinea forojuliensis* Pirona. 60-100^{m}.

Albien-Cénomanien : Calaires et marnes pauvres en faune.

Turonien (?) : Récifs à Rudistes (Hippurites?) et *Nerinea pseudonobilis* Choffat.

Sénonien (?) : grès verdâtre à *Radiolaires* et Globigerines, dont *Rosalina Linnei*.

Sur la côte nord, affleure une brèche jurassique grossière, rouge, à *Cidaris eliasensis* de Loriol et *Diplocidaris* sp. surmontée de marnes vertes et calcaires aptiens. A proximité le calcaire est pétri d'*O. conoidea-discoidea*. Plus loin il contient *Choffatella decipiens* Schlumb. (dét. Doncieux).

La stratigraphie du Dj. Akra diffère de celle des Ansariyeh par le développement de faciès néritiques fossilifères dans le Jurassique terminal et par la grande puissance du calcaire à Orbitolines; elle est néanmoins très semblable. Les couches correspondantes de l'Amanus sont dolomisées et très pauvres en faune.

BOTANIQUE. — *Mode de formation, action et destinée du prehaustorium de* Cuscuta Epithymum *L. var.* Trifolii (*Bab. et Gibs*) *Trab.* Note de MM. **Maurice Hocquette** et **Léon Arsigny**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le suçoir des différentes espèces constituant le genre *Cuscuta* est formé de deux organes d'origine différente : l'un le *prehaustorium* (présuçoir, proéminence primitive ou disque d'adhésion) résulte à la fois de l'hypertrophie des cellules épidermiques et corticales externes et de la multiplication des cellules corticales; l'autre, l'*haustorium* ou suçoir proprement dit, doit sa formation au fonctionnement d'un méristème situé dans la région interne du tissu cortical.

Le prehaustorium a été étudié par Granel, Peirce, Mirande, M. G. Thoday et Zender. Mais les conclusions de ces auteurs présentant des divergences assez importantes notamment en ce qui concerne son rôle, considéré comme étant purement mécanique par Granel et Zender, plus actif, nécrosant et dissolvant parPeirce, Mirande et A. G. Thoday, nous en avons

repris l'étude dans un cas de parasitisme de *Cuscuta epithymum* L. var. *Trifolii* (Bab. et Gibs) Trab. sur *Medicago sativa* (race flamande).

Nos observations ont été faites sur matériel fixé par les liquides de Benda et de Bouin et examiné en coupes de 5 microns après coloration à l'hématoxyline de Heindenhain.

Lorsque l'extrémité d'une tige de Cuscute rencontre, pendant une période d'irritabilité, un organe de la plante-hôte (tige ou feuille), en même temps que se développe l'haustorium dont la croissance s'accompagne d'une hypertrophie et d'un cloisonnement des cellules corticales voisines s'observant jusqu'à l'assise sous-épidermique, les cellules épidermiques du parasite s'allongent d'une façon presque uniforme dans toute la zone de contact.

Les éléments épidermiques deviennent de quatre à cinq fois plus hauts que les cellules normales; leur largeur ne diffère en général que très peu de celle des cellules ordinaires; ils se rétrécissent légèrement dans la région moyenne et s'étalent ensuite plus largement à la surface de la luzerne; ils acquièrent, alors que les cellules épidermiques normales présentent une hauteur et une largeur d'environ 20 microns, les dimensions moyennes suivantes : hauteur : 80 microns, largeur : région proximale, 15 microns; région médiane, 7 microns; région distale, 23 microns. Les cellules complètement évoluées perdent souvent leur adhérence latérale et s'isolent les unes des autres. La membrane de contact, très amincie par suite d'une résorption partielle et parfois totale de la couche cutinisée, fréquemment ondulée ou lobée après la différenciation cuticulaire, se moule très exactement sur la cuticule de Luzerne et, ainsi que l'avait très bien observé Granel, toutes les irrégularités de la surface épidermique de l'hôte sont exactement reproduites, avec inversion du relief sur la partie distale de la membrane des cellules épidermiques du préhaustorium.

Pendant l'accroissement cellulaire, la structure nucléaire se modifie. Le noyau s'hypertrophie, sa limite devient moins nette; les filaments chromatiques se teignent très faiblement et de petites granulations se colorant en noir franc par l'hématoxyline apparaissent disséminées dans l'enchylème nucléaire. La masse du nucléole augmente et son contour devient irrégulier. A cette phase d'accroissement du noyau correspond une hyper-activité amylogène.

Les cellules épidermiques et corticales de Luzerne dans les régions d'accolement, au-dessus de l'haustorium en formation ou plus loin, se montrent toujours morphologiquement intactes. Les dimensions cellulaires

et nucléaires, la morphologie du noyau et l'aspect de grains d'amidon sont identiques à ceux que l'on observe pour des cellules éloignées de la zone d'adhésion.

Les éléments préhaustoriaux, épidermiques et corticaux, situés en face du suçoir sont finalement détruits par écrasement et sous l'influence d'une secrétion des cellules hyphales, cellules actives du suçoir issues du fonctionnement du méristème. Le cytoplasme de ces cellules préhaustoriales se contracte; le noyau, qui ne manifeste un léger gonflement que dans les cellules épidermiques, perd la netteté de ses contours et se déforme; le nucléole disparaît peu à peu (on observe souvent alors la présence d'une région intranucléolaire moins chromophile que la périphérie) et enfin le noyau se résout en un amas informe de granulations chromatiques qui se dispersent et disparaissent dans le cytoplasme lui-même très altéré. Les cellules se déforment et sont bientôt réduites à leurs parois plus ou moins accolées entre lesquelles le contenu cellulaire est contracté en une masse informe. La région préhaustoriale située en face du suçoir disparaît ainsi avant qu'aucun phénomène pathologique ne soit apparu dans les tissus de l'hôte.

En résumé, nous avons constaté comme les auteurs cités la transformation des cellules épidermiques en éléments papilliformes dans toute la zone de contact des tiges de Cuscute en période d'irritabilité avec un organe de Luzerne. Au niveau du suçoir en transformation elle s'accompagne de l'accroissement du tissu cortical. Ce dernier phénomène contribue dans une large mesure à donner l'aspect d'une ventouse à la région du prehaustorium persistant après le développement du suçoir. Mais n'ayant jamais remarqué comme Peirce, Mirande et M. G. Thoday la moindre action des éléments du prehaustorium sur les cellules de l'hôte, ni leur introduction dans les tissus de Luzerne nous ne pouvons, comme ils le font, attribuer aux cellules de prehaustorium, chez le type que nous avons étudié, une action dissolvante que possèdent au contraire les cellules de l'haustorium et qui s'exerce même sur les éléments du prehaustorium situés en face du suçoir en formation. Ces résultats confirment les observations de Granel et de Zender, qui n'attribuent au prehaustorium qu'un rôle mécanique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'origine botanique des drogues désignées au Brésil sous le nom de* Catuaba. Note de M. **Raymond Hamet**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les drogues que l'on connaît au Brésil sous les noms de *Feuilles* et d'*Écorces de Catuaba*, et qu'on y utilise dans la thérapeutique humaine, proviennent en réalité de végétaux fort différents. Les *Feuilles de Catuaba* (1) sont, on le sait depuis les travaux de T. Peckolt (2), R. Albino (3) et Pio Correa (4), celles de deux Bignoniacées, les *Anemopægma mirandum* A. DC. et *A. glaucum* M. Quant aux *Écorces de Catuaba*, on les a attribuées jusqu'ici à un *Erythroxylon* inconnu des botanistes, l'*E. Catuaba* (5), mais l'inexactitude de cette attribution nous a été révélée par l'étude histologique de quelques échantillons de ces écorces qui avaient été mis à notre disposition par le professeur Goris. Les résultats de cette étude peuvent être schématiquement résumés comme suit :

Le suber est constitué par quelques assises de cellules tabulaires. La région corticale est caractérisée par la présence, au sein d'un parenchyme cellulosique, de sclérocytes grossièrement hexagonaux qui, comme leur lumen, sont plus étroits dans le sens radial que dans le sens tangentiel et dont les parois fortement épaissies sont canaliculées-ponctuées ; ces sclérocytes sont groupés, sur deux arcs superposés, en bandes tangentielles plus ou moins larges mais réduites à 1-3 assises d'éléments. La région libérienne, qui est de beaucoup la plus développée, est formée d'un tissu fondamental à parois minces dans lequel sont inclus, d'une part, de très nombreux éléments criblés, oblitérés et réduits par soudure à l'état de cordons collenchymateux, d'autre part des amas de stéréides qui, comme leur lumen, sont à peu près circulaires ou un peu plus étroites dans le sens radial que dans le sens tangentiel et dont les parois très fortement épaissies sont nettement

(1) A dire vrai, on utilise au Brésil, sous cette dénomination, non seulement les feuilles mais encore les tiges et les racines de ces *Anemopægma*.

(2) *Ber. d. D. pharm. Gesellsch.*, 21, 1911, p. 354.

(3) *Rev. Brasil. de Med. e Pharm.*, 3, 1927, p. 55.

(4) *Diccionario das plantas uteis do Brasil*, 2, p. 150, Rio de Janeiro, 1931.

(5) A. Jose da Silva, *Estudo botanico e chimico da Catuaba*, Thèse doct. méd., Bahia, 1904.

canaliculées-ponctuées; ces amas qui, sur une coupe transversale, ont une forme générale grossièrement lancéolée sont disposés assez irrégulièrement sur une dizaine d'arcs superposés; ils sont, de ci de là, traversés dans le sens radial, soit par une file de cellules qui sont plus étroites tangentiellement que radialement et qui ont des parois assez peu épaissies lignifiées et canaliculées-ponctuées, soit par quelques assises d'éléments cellulosiques à parois minces. Enfin ils sont complètement entourés d'un véritable *cristarque* (1), c'est-à-dire de cellules lignifiées à peu près isodiamétriques dont les parois latérales et internes un peu épaissies enchatonnent dans chacune d'elles un cristal solitaire et non maclé d'oxalate de calcium. Il convient de noter que de telles cellules oxalifères s'observent souvent au contact des amas sclérenchymateux du tissu cortical, mais elles n'y existent qu'en assez petit nombre et y sont irrégulièrement disposées.

Nous appuyant sur l'existence de ces caractères qui sont très voisins de ceux qui ont été attribués aux écorces de certaines Méliacées américaines du genre *Guarea* (2), nous basant aussi sur les résultats de l'étude histologique de quelques tiges feuillées d'*Erythroxylon Catuaba* faisant partie des collections de la Chaire de Matière Médicale de la Faculté de Pharmacie de Paris, nous fondant enfin sur la description que A. José da Silva a donnée des fruits de ce prétendu *Erythroxylon* — description qui est certes entachée d'erreurs d'interprétation, mais qui cependant, comparée avec celles que Jussieu et Decandolle ont laissées des fruits de *Trichilia* et rapprochée de ce que nous a appris l'examen des échantillons de ce genre qui sont conservés dans les Herbiers du Muséum, nous a permis de penser qu'ils proviennent d'une espèce de ce genre — nous nous croyons autorisé à admettre que la drogue brésilienne désignée sous le nom d'*Écorces de Catuaba* est fournie par des Méliacées du genre *Trichilia*; nous disons par *des* Méliacées, car de ce que la plante décrite par José da Silva est glabre alors que celle que nous avons vue dans les collections de la Faculté de Pharmacie est velue, nous devons conclure que très vraisemblablement cette désignation s'applique au moins à deux espèces différentes de *Trichilia*.

---

(1) Ph. van Tieghem, *Bull. du Mus. d'Hist. natur.*, 9, 1903, p. 287.

(2) Schrenk, ex H.-H. Rusby, *Bull. of Pharm.*, 7, 1893, p. 353; W. Mitlacher, *Zeitschr. allgem. österr. Apoth. Ver.*, 38, 1900, p. 630.

HISTOLOGIE. — *Les* bactéroïdes *des Lombriciens et leurs rapports avec la sarcolyse.* Note [1] de M. **René Couteaux**, présentée par M. Paul Marchal.

Cerfontaine a signalé dès 1890 des « corpuscules bacilliformes » disposés en amas dans le tissu conjonctif des Oligochètes. Cuénot les décrit à nouveau en 1898 sous le nom de *bactéroïdes* [2] qui leur est ensuite resté. Plusieurs auteurs se sont attachés depuis à découvrir la nature et l'origine de ces éléments. Sans vouloir faire un historique détaillé des controverses auxquelles les bactéroïdes des Oligochètes ont déjà donné lieu, rappelons que deux thèses se sont affrontées longtemps : l'une, soutenue la première fois par Cerfontaine, assimile les bactéroïdes à de véritables bactéries, l'autre les range parmi les cristaux, Willem et Minne (1900) précisant même qu'il s'agit de cristaux d'acide urique.

Il faut attendre les travaux de Knop (1926) et Butschowitz (1931) pour que ce débat sur la nature des bactéroïdes soit tranché d'une manière qui semble définitive.

Knop, à l'occasion d'une étude approfondie des bactéries de l'ampoule néphridienne, montre que les bactéroïdes des Lombrics ne peuvent être confondus avec de véritables bactéries. Butschowitz [3] complète la démonstration de Knop et précise toutes les différences physiques et tinctoriales qui les séparent des bactéries; ses recherches nous permettent de considérer les bactéroïdes comme des cristaux de nature albuminoïde.

La signification physiologique de ces amas de cristaux reste toutefois très mal connue. Ce seraient pour Butschowitz des matériaux de réserve du tissu conjonctif, mais aucun fait n'est venu jusqu'à maintenant appuyer cette interprétation. Certaines observations m'ont, au contraire, amené à envisager la question d'un tout autre biais.

J'ai, en effet, constaté que la musculature des Lombriciens est souvent le siège d'une sarcolyse, généralement assez discrète, commençant longtemps

---

(1) Séance du 23 novembre 1936.

(2) Les bactériologistes désignent aussi par ce terme les formes d'involution de certaines bactéries, mais, contrairement à ce qu'ont cru comprendre quelques auteurs, Cuénot n'en use ici que pour souligner les ressemblances de ces corpuscules avec des bactéries, sans se prononcer sur leur véritable nature; la conclusion de son mémoire, où il en parle comme de cristalloïdes, marque en effet une prudente réserve.

(3) *Biol. Zentralbl.*, 51, 1931, p. 337.

avant l'apparition des tubercules de la puberté, mais qui rappelle cependant, par ses sarcolytes amphioxes, celle que Dehorne (1922) et A. Prenant (1929) ont étudiée chez les Polychètes à maturité sexuelle. Beaucoup de ces sarcolytes tombent dans la cavité cœlomique, mais un certain nombre d'entre eux restent enclavés dans les mailles du réseau conjonctif intramusculaire.

Ces notions, qui semblent avoir été jusqu'à présent méconnues, m'ont conduit à rechercher si les bactéroïdes ne résulteraient pas de la destruction de sarcolytes au sein du tissu conjonctif.

La distribution des amas de bactéroïdes dans le tissu conjonctif s'accorderait très bien avec cette hypothèse. Il est, en effet, à remarquer qu'on les trouve le plus souvent au voisinage immédiat de fibres musculaires ([1]); en revanche (Butschowitz en a également été frappé) les bactéroïdes font presque défaut au niveau de la région clitellaire qui se trouve être justement la région du corps où la musculature est le moins développée.

Notons également, en faveur de notre point de vue, que certains cristalloïdes, décrits par Romieu ([2]) dans les éléocytes de Perinereis et qui résultent, d'après Dehorne ([3]), de la dissociation de sarcolytes amphioxes, semblent s'apparenter aux bactéroïdes; il s'agit, en effet, d'inclusions albuminoïdes, de forme plus ou moins rhombique, mais douées d'affinités colorantes analogues à celles des bactéroïdes.

Pour établir plus directement une corrélation entre la présence des bactéroïdes et la sarcolyse, nous avons cherché à provoquer expérimentalement une dégénérescence massive des fibres annulaires de la musculature pariétale, au niveau desquelles les bactéroïdes se montrent d'ordinaire assez abondants.

C'est ce qui a été réalisé chez *Lumbricus terrestris* L., par la section des fibres annulaires de la tunique musculaire externe sur la longueur de plusieurs anneaux. Il est facile de suivre l'évolution de cette lésion expérimentale en pratiquant des coupes histologiques dans une série d'individus, sacrifiés à des époques différentes de la cicatrisation. La brèche ouverte dans la paroi du corps est vite comblée par un tissu scléreux auquel se joignent de nombreux amoebocytes. De part et d'autre de ce bloc cicatriciel, les fibres musculaires lésées dégénèrent; elles donnent naissance à des

---

([1]) Les nombreux bactéroïdes épars dans la gaine conjonctive de la chaîne ganglionnaire ventrale n'échappent pas à cette règle puisqu'ils se trouvent au contact des fibres musculaires qui revêtent l'axe nerveux dans toute sa longueur.

([2]) *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 246.

([3]) *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1043.

sarcolytes qui restent emprisonnés dans les alvéoles cylindriques que les lamelles de myoplasme occupaient avant leur dégénérescence. La plupart de ces sarcolytes subissent bientôt un morcellement qui aboutit, trois à quatre semaines après la section, à leur complète désagrégation.

L'examen de coupes histologiques pratiquées à la phase de morcellement des sarcolytes montre une très grande quantité de bactéroïdes, intimement mêlés à leurs débris. La contraction importante que les anneaux subissent au niveau des régions sarcolysées ne peut suffire à expliquer cette densité insolite de bactéroïdes; d'ailleurs, les bactéroïdes apparaissent ici par foyers, coïncidant avec les zones où la désagrégation des sarcolytes est le plus avancée.

De telles constatations, s'ajoutant à celles que nous avons déjà rapportées plus haut, nous incitent donc à penser que les bactéroïdes se forment aux dépens des sarcolytes : ils résulteraient ainsi des remaniements incessants dont la musculature des Lombrics est le siège.

Ajoutons que la trame conjonctive du muscle, survivant à la sarcolyse, joue sans nul doute un rôle important dans la destruction des sarcolytes qu'elle tient enserrés dans ses mailles; il paraît donc probable que le tissu conjonctif intervienne assez directement dans la formation des bactéroïdes.

ZOOLOGIE. — *Dans quelles limites l'écérébration des larves de Lépidoptères est-elle compatible avec leur nymphose?* Note de M. **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des chenilles de *Lymantria dispar*, L., chirurgicalement écérébrées, ne se métamorphoseraient que si l'ablation est pratiquée après une *période critique* située du 7ᵉ au 10ᵉ jour après la dernière mue de la vie active, c'est-à-dire celle précédant la mue nymphale (St. Kopeč, 1917 et 1922). Partant de ces résultats et de ceux d'expériences ultérieures (1924) de restriction alimentaire chez le même lépidoptère, Kopeč a conçu et énoncé une théorie cérébrale de la métamorphose, qui n'a été depuis, sauf erreur, ni infirmée ni confirmée.

Nous avons décidé de reprendre cette question et, dans la présente Note, exposons chronologiquement les résultats obtenus chez deux autres Lépidoptères.

Chez *Galleria mellonella*, L., (23 écérébrations), l'âge des chenilles au moment de l'opération s'échelonnait du 3ᵉ au 8ᵉ jour après la d. m. (abré-

viation de : dernière mue de la vie active). La plupart survécurent à l'état de chenilles et, d'autant plus longtemps, qu'elles furent opérées plus près de la taille et de l'accumulation maxima de réserves. Cette survie atteignit 29 jours, soit plus que la durée totale d'une vie larvaire normale de l'éclosion à la nymphose.

Les trois seules nymphes obtenues proviennent de larves opérées le 8e jour après la d. m. Or, à la température de nos élevages (32-34° C.), le dernier âge larvaire dure 8,5 à 9 jours; les chenilles cessent de se nourrir et commencent à filer le 4e ou le 5e jour; s'immobilisent et fléchissent leur tête sur leur corps à la fin du 8e ou au début du 9e et subissent leur mue nymphale 12 heures après le début de cette flexion.

Il était permis de se demander si, à un moment aussi tardif (dans les 24 heures précédant l'époque normale de la mue nymphale), l'ablation d'un organe quelconque pouvait influer sur des phénomènes pour le moins imminents, sinon déjà amorcés, puisqu'ils se traduisent quelques heures après par des changements d'aspect importants (translucidité, flexion céphalique, etc.). D'autre part, Kopeč ne dit pas le moment où les *Lymantria* de ses élevages cessaient de manger, fléchissaient leur tête, etc. La durée du dernier âge chez les témoins apparaît très variable (9 à 20 jours). En se basant sur une moyenne de 14 jours, la nymphose chez les *Lymantria* se produirait après des écérébrations cependant plus précoces que chez *Galleria*.

Nous avons ensuite écérébré 73 vers à soie, *Bombyx mori* L., dont l'âge s'échelonnait de 24 heures (après la d. m.) jusqu'au 17e ou 18e jours après la d. m. Nous avons obtenu 25 nymphes, dont 8 se sont dépouillées spontanément; 4 ont survécu plus de 15 jours (durée normale de la vie nymphale). Toutes ces nymphes proviennent de chenilles opérées après le 9e jour; si l'écérébration a lieu passé le 12e jour, plus des 4/5e des opérés donnent des nymphes.

Or, dans les conditions de notre élevage, les vers cessaient de s'alimenter vers le 12e ou 13e jour, commençaient à filer du 13e ou 15e, s'immobilisaient vers le 17e et subissaient la mue nymphale du 18e au 20e jour.

On peut donc, sans faire obstacle à la nymphose, écérébrer un ver à soie *comparativement beaucoup plus précocement qu'une* « *Lymantria* » et, *a fortiori* qu'une *Galleria*.

De nombreux sujets ont été fixés, plus ou moins longtemps après l'opération, en vue d'une étude histologique.

En résumé, l'écérébration, au dernier âge, des chenilles de *Galleria* et de *Bombyx* empêche la nymphose à moins, comme l'avait montré Kopeč

chez *Lymantria*, que l'opération ne soit pratiquée, passée une certaine « période critique » dont la précocité est très différente suivant les espèces. Elle est franchie, en effet, dès que les chenilles de *Galleria*, *Lymantria* et de *Bombyx* ont sensiblement vécu respectivement les 9/10e, 7/10e et 5,5/10e de leur dernier âge. Corollaire important, non signalé par Kopeč, le ver à soie peut être, sans que la nymphose soit beaucoup retardée, écérébré deux jours avant la fin de la période normale d'alimentation, c'est-à-dire avant l'acquisition de la taille et des réserves maxima.

Cependant le rôle des ganglions cérébroïdes est trop complexe pour que les résultats précédents puissent, à notre avis, être interprétés comme une preuve de l'action *directe* de ces organes dans les phénomènes prémonitoires de la nymphose.

PHYSIOLOGIE DU SANG. — *Recherches sur le rôle des hormones dans les variations physiologiques du taux réticulocytaire chez la lapine* (¹). Note de M. **Pierre Nicolle**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons décrit (²) des réticulocytopénies de l'œstre, du prépartum, de la lactation, les réticulocytoses de la gestation et de l'ablactation.

Nous nous demandions si ces variations n'étaient pas sous la dépendance des hormones qui régissent ces divers états physiologiques.

Pour répondre à cette question, nous avons d'abord étudié l'action de la folliculine sur le taux réticulocytaire et nous sommes arrivé aux conclusions suivantes :

La folliculine possède incontestablement la propriété de faire baisser le taux réticulocytaire des lapines adultes. L'effet est périodique, et dans une certaine mesure, non proportionné aux doses. L'action est plus nette chez la femelles que chez le mâle, chez la mère que chez la femelle normale. Elle atteint un degré extrême chez la femelle en gestation. La répétition produit des effets de plus en plus atténués.

La périodicité de l'effet montre nettement que, dans la réticulocytopénie du prépartum, la folliculine n'est pas seule en cause. Elle agit vraisem-

---

(¹) Nous donnerons le détail de nos expériences dans les *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 26, 1, 1937 (à l'impression).

(²) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1023.

blablement en synergie avec d'autres hormones, l'hormone du corps jaune en particulier.

La folliculine seule, par contre, reproduit en les exagérant les ondes de la réticulocytopénie œstrale. Nous avons vérifié, à l'autopsie de nombreuses femelles, la concordance constante de la réticulocytopénie folliculinique et de l'état congestif, hémorragique même, de la muqueuse utérine.

L'hormone du lobe antérieur de l'hypophyse (prolan, anthypophyse) provoque, au contraire, une importante réticulocytose. Ceci expliquerait pourquoi, pendant les deux premiers tiers de la gestation, le taux réticulocytaire va en augmentant. On sait, en effet, que le prolan apparaît très tôt dans l'urine de gestante, et que sa courbe passe par un maximum bien avant que la courbe de la folliculine n'atteigne le sien.

D'autre part, on sait le rôle que joue l'hormone du lobe antérieur de l'hypophyse comme excitant de la lactation. Nous retrouvons, encore une fois, une relation entre les réticulocytes et la secrétion lactée.

En présence de ces résultats, nous nous sommes demandé quel serait l'effet de l'urine de femme enceinte sur le taux réticulocytaire. Nous n'avons utilisé dans ces expériences préliminaires que l'urine d'une même femme entre le septième et le huitième mois de la grossesse.

On sait qu'à la fin de la grossesse, l'urine est une source importante de folliculine. Il était probable que l'effet des injections d'urine, à la fin de la grossesse, reproduirait celui de la folliculine. Ce n'était pas certain puisque nous venons de voir que le prolan, présent également dans l'urine de femme enceinte, possède une action inverse sur les réticulocytes.

Nous avons constaté que l'urine de femme enceinte provoquait toujours une réticulocytopénie importante, évoluant par ondes successives, entrecoupées de retour au niveau normal, mais sans réticulocytose.

Au contraire, l'urine de femme non enceinte provoque, après une courte et faible diminution (inconstante) du taux réticulocytaire, une réticulocytose souvent importante et prolongée.

Nous avons noté, d'autre part, que l'hypoglobulie était généralement moins intense après l'injection d'urine de femme enceinte qu'après l'injection d'urine de femme non enceinte.

Enfin, il semble qu'il y ait, vis-à-vis des réticulocytes comme vis-à-vis de la sécrétion lactée, un antagonisme entre l'hormone placentaire et l'hormone hypophysaire : à doses convenables, la folliculine s'est montrée capable d'empêcher la réponse réticulocytaire à l'injection d'extrait de

lobe antérieur de l'hypophyse, et même d'atténuer sensiblement l'intensité de l'hypoglobulie qui fait suite à cette injection.

Conclusions. — Ces résultats montrent nettement que :

1° Le taux réticulocytaire est influencé par les hormones de l'œstre de la gestation et de la lactation.

2° Ils apportent des arguments en faveur de l'hypothèse d'un rôle actif ou passif des réticulocytes dans la formation de certains éléments du lait.

3° L'action inhibitrice de la folliculine sur la sécrétion lactée s'accompagne d'une action inhibitrice sur la réticulocytose anté-hypophysaire.

4° Il nous paraît intéressant de souligner l'action de l'urine de femme enceinte sur le taux réticulocytaire. Nous nous proposons d'étudier dans quelle mesure cette action pourrait servir au diagnostic biologique de la grossesse.

5° Si faible qu'elle soit, l'action empêchante de la folliculine sur l'hypoglobulie provoquée, soit par l'extrait de lobe antérieur de l'hypophyse, soit par les injections d'urine, offre, croyons-nous, un grand intérêt, tout au moins théorique.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Influence de la lumière solaire sur le vol des Lépidoptères diurnes.* Note de M. **Gabriel Guignon**, présentée par M. Paul Portier.

Il a été signalé ([1]) que certaines espèces de Lépidoptères diurnes ne peuvent voler que sous les rayons du soleil. Nous avons reconnu que ce fait, particulièrement frappant chez les *Parnassiens*, qui se laissent tomber verticalement dès qu'un nuage vient voiler le soleil, était absolument général, mais variable en intensité suivant les espèces et nous en avons recherché l'interprétation physiologique.

Dans une série de travaux qui feront l'objet d'un exposé d'ensemble, nous avons mis en évidence l'existence d'une circulation sanguine dans l'aile des Lépidoptères en utilisant l'action convulsivante de la nicotine signalée par P. Portier ([2]).

On dépose une goutte de solution de nicotine à 10 pour 100 à l'angle

---

([1]) P. Portier, *Amateur de Papillons*, 11, janvier 1931, p. 165.

([2]) *C. R. Société Biologie*, 105, 1930, p. 367 et 441.

apical de l'aile et l'on note le temps qui s'écoule entre l'instant du dépôt et le début de la crise (*temps de latence*). Cette crise, résultant ainsi que nous l'avons établi, de l'action sur les ganglions nerveux de la chaîne ventrale de la nicotine apportée par le sang, ce temps de latence est d'autant plus court que la circulation alaire est plus rapide et, par suite, l'inverse de ce temps de latence que nous nommons *vitesse d'intoxication* caractérise par suite, pour une température donnée, la vitesse de circulation sanguine alaire.

Nous avons étudié, d'autre part, l'influence de la température sur cette vitesse de circulation. La courbe des vitesses d'intoxication en fonction des températures présente une ascension régulière plus ou moins rapide et plus ou moins accentuée, suivant la température initiale (influence des températures antérieurement subies), mais ne présente pas de point d'inflexion.

Nous avons repris cette question en une double série d'expériences.

Première série. — Papillons placés en chaleur lumineuse (en opérant à des moments différents de la journée).

Deuxième série. — Papillons placés en chaleur obscure (à l'étuve).

La comparaison des deux courbes obtenues nous a montré que, pour une espèce donnée et à températures égales, la vitesse d'intoxication est notablement plus élevée à la lumière solaire qu'à l'obscurité (il ne saurait être question de variations individuelles, étant donné que nous avons opéré sur des lots et pris des moyennes).

Il y a donc autre chose qu'une question de température : il y a une question de radiations.

P. Portier et F. Emmanuel [1] ont précisément mis en évidence le pouvoir absorbant des ailes des Lépidoptères vis-à-vis des radiations lumino-calorifiques. Ils ont constaté l'inégalité de l'absorption suivant les couleurs différentes des taches formées sur les ailes par les écailles.

Il en résulterait, à notre sens, pour une aile donnée, l'existence de points à des températures nettement différentes ou *points de chauffe* qui détermineraient ou tout au moins activeraient dans l'aile la circulation sanguine et la circulation gazeuse, d'où accroissement de l'hématose alaire. Les muscles moteurs des ailes se trouveraient de ce fait suffisamment approvisionnés en oxygène pour permettre à l'insecte de fournir un vol soutenu.

Nous avons d'ailleurs eu confirmation de cette manière de voir à la suite d'expériences qui seront rapportées d'autre part.

---

[1] *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 568.

En résumé, nous pensons avoir établi que la lumière solaire intervient, au moins en partie, pour conditionner dans l'aile des Lépidoptères diurnes la double circulation sanguine et gazeuse, en déterminant, à la faveur d'un pouvoir absorbant calorifique très inégal des écailles, des points à températures très différentes que nous nommons *points de chauffe*.

BIOLOGIE. — *Le mode de répartition des sexes chez* Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius. *L'hérédité de la monogénie.* Note de M. **Albert Vandel**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai signalé [1] l'existence, chez *Trichoniscus provisorius*, de femelles deutérogènes (que je désignerai désormais sous le nom plus expressif d'*amphogènes*), engendrant les deux sexes et de femelles *monogènes*, dont la descendance est exclusivement mâle ou exclusivement femelle. Les femelles monogènes sont soit *arrhénogènes*, c'est-à-dire engendrant exclusivement (ou en grande majorité) des mâles, soit *thélygènes*, donnant exclusivement (ou en grande majorité) des femelles. J'ai essayé de préciser, au cours de recherches poursuivies depuis quatre ans, le comportement héréditaire de la monogénie.

1° *La monogénie est un phénomène héréditaire.* — Je n'ai observé qu'un seul cas où une femelle amphogène engendre des femelles monogènes, et un seul cas également où une femelle monogène donne naissance à des femelles amphogènes. Sauf ces deux exceptions, la descendance des femelles monogènes ne comprend jamais que des femelles monogènes, et celle des femelles amphogènes que des femelles amphogènes.

2° Le mode de répartition des sexes dans la descendance des femelles monogènes se trouve sous la dépendance exclusive de la mère. Je n'ai pu constater, en aucun cas, une influence du père sur la proportion sexuelle de la descendance. Il s'agit donc d'un type d'*hérédité maternelle* ou *cytoplasmique*. Cette hérédité cytoplasmique obéit à des règles d'une certaine fixité, mais qui sont cependant beaucoup moins précises que celle de l'hérédité chromosomique.

3° Les femelles arrhénogènes sont, soit des arrhénogènes parfaites, n'engendrant que des mâles, et quelques rares femelles que j'ai désignées sous le nom de *femelles exceptionnelles*. Les femelles thélygènes sont,

---

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 825-827.

soit des thélygènes parfaites ne donnant que des femelles, soit des thélygènes parfaites donnant une proportion variable de mâles que j'appelle *mâles exceptionnels*. Le comportement héréditaire des femelles exceptionnelles et des femelles thélygènes est assez différent.

4° Les femelles exceptionnelles sont toujours des femelles arrhénogènes, c'est-à-dire qu'elles appartiennent au même type que leur mère.

5° Le comportement héréditaire des femelles thélygènes est moins constant que celui des femelles arrhénogènes. Certaines femelles thélygènes engendrent des femelles qui sont toutes arrhénogènes (inversion totale du type sexuel dans la descendance).

6° Certaines femelles thélygènes engendrent des femelles dont les unes sont arrhénogènes et les autres thélygènes; la proportion des deux types de femelles est variable, mais le nombre de femelles arrhénogènes est presque toujours de beaucoup supérieur à celui des femelles thélygènes (inversion partielle du type sexuel dans la descendance).

7° Il apparaît, dans la descendance de certaines femelles monogènes, des femelles d'un type spécial qui donnent des portées, les unes du type arrhénogène, les autres du type thélygène (inversion du type sexuel, au cours des portées successives). Je propose de désigner ces femelles sous le nom d'*allélogènes*. Il ne s'agit pas là d'une inversion apparente du type sexuel, mais d'une inversion héréditaire, les femelles des portées arrhénogènes se comportant comme des femelles exceptionnelles, et les femelles des portées thélygènes comme des femelles thélygènes.

8° Les deux types de femelles semblent correspondre à deux types d'équilibre du cytoplasme. Le passage du type thélygène au type arrhénogène est fréquent; le passage inverse est exceptionnel et ne se rencontre que chez certaines femelles allélogènes.

9° La marche des processus héréditaires est troublée par l'action de certains facteurs externes, en particulier d'une température élevée. La proportion de femelles exceptionnelles produites par les femelles arrhénogènes imparfaites, et celle des mâles exceptionnels engendrés par les femelles thélygènes imparfaites, se trouve sous la dépendance de la température. Une température élevée a pour effet, dans les deux cas, d'augmenter le nombre des mâles et de diminuer le nombre des femelles. Dans le premier cas, la proportion de femelles exceptionnelles qui oscille entre 15 et 25 pour 100, à une température de 12-16°, descend de 3 à 9 pour 100, à une température de 18-21°. Dans le second cas, la proportion de femelles qui est de 75 à 90 pour 100, à une température de 12-16°, descend jusqu'à

35 pour 100, à une température de 18-21°. Dans ce cas, l'influence de la température peut être si marquée que la descendance des femelles thélygènes pourrait être prise pour celle d'une femelle amphogène. Les conditions qui règnent pendant les mois d'été pourraient donc induire en erreur l'observateur non averti.

Conclusions. — L'intérêt des résultats obtenus réside en ce qu'ils fournissent des termes de comparaison entre l'hérédité chromosomique et l'hérédité cytoplasmique, entre le génome et le plasmone (terme de F. von Wettstein). L'hérédité chromosomique, qui obéit à des lois d'une précision mathématique, est fonction de l'organisation si stable et si précise des chromosomes. L'hérédité cytoplasmique apparaît comme instable, le type héréditaire pouvant s'inverser, non seulement dans le passage d'une génération à la suivante, mais encore, dans la même femelle, au cours des portées successives. De plus, les manifestations de l'hérédité cytoplasmique sont fortement influencées par les facteurs externes. Si l'on se rappelle que les organismes les plus inférieurs que nous connaissions (Bactéries) sont encore dépourvus de noyau organisé, on ne peut guère échapper à la conclusion que l'hérédité du type mendélien et chromosomique représente une acquisition des organismes supérieurs, liée à la différenciation et à l'organisation du noyau, et leur assurant une stabilité inconnue chez les formes inférieures à hérédité cytoplasmique prédominante.

BIOPHYSIQUE. — *Ionisation de l'air par le cholestérol irradié.* Note (1) de MM. **A. H. Roffo** et **A. E. Roffo** Jr., présentée par M. Arsène d'Arsonval.

Étant donné l'ionisation produite, en général, par l'action des rayons ultraviolets, on pouvait se demander si l'émission des rayons par le cholestérol irradié, telle que nous l'avons constatée (2), ne s'accompagne pas, elle aussi, de phénomènes d'ionisation.

Technique expérimentale. — Pour mettre en évidence ce fait, nous avons employé une *chambre d'ionisation* ouverte, dont l'électrode centrale était rendue positive; la périphérie négative fut mise à la terre; l'électrode

(1) Séance du 23 novembre 1936.

(2) A. H. Roffo, *Bull. Inst. Med. Exp.*, 7, 1930, p. 555; A. H. Roffo et H. Digiorgi, *Bull. Inst. Med. Exp.*, 7, 1930, p. 970; A. H. Roffo et A. E. Roffo Jr., *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1434, et *Bull. Inst. Med. Exp.*, 12, 1935, p. 301.

positive a été isolée au moyen d'ambre ; la différence de potentiel entre les électrodes était de 200 volts obtenus par le frottement de crin à l'intérieur d'un cylindre d'ébonite. Le *galvanomètre* (Siemens et Halske) permettait d'apprécier des variations du potentiel de $1,0.10^{-11}$. Tout l'appareillage a été placé dans une chambre noire, à l'intérieur d'une cave.

Le cholestérol (Merck) a été *irradié* pendant 240 heures par une lampe à vapeur de mercure en quartz (Hanau); la substance a été placée à 30^{cm} du foyer. Comme point de *comparaison* des déviations de l'ampèremètre, on s'est servi de celles produites par un étalon d'uranium : ce dernier, connecté à la chambre d'ionisation, donnait une décharge en 47 secondes, correspondant à l'intensité de $1,82.10^{-10}$ ampère. On a tenu compte, dans les résultats obtenus, de la *température*, de la *pression atmosphérique* et du *degré hydroscopique ambiant*.

Conditions expérimentales.	Décharge en secondes. Non irradié.	Irradié.
Décharge spontanée	27000	
Décharge au contact de l'étalon d'uranium avec l'électrode positive	47	
Décharge au contact de cholestérol avec l'électrode positive	25400	50
Décharge lorsque le cholestérol est placé :		
au voisinage de la chambre d'ionisation à distance de 1^{mm} de l'électrode positive	25600	46
dans un tube de verre de $D = 1^{mm}$ ([a]) placé à une distance de 1^{mm} de l'électrode positive	26000	75
sur un couvre-objet en cristal de $0^{mm},25$ d'épaisseur, obturant l'ouverture de la chambre d'ionisation, à une distance de 8^{mm} de l'électrode positive ([b])	7740	1544
dans un étui de cellophane ([c]) placé à une distance de 8^{mm} de l'électrode positive	26600	272

Nota. — ([a]) Ce verre laissait passer uniquement les ultraviolets longs, à partir de 3540 Å. ([b]) Ce cristal laissait passer uniquement les ultraviolets longs, à partir de 3020 Å. ([c]) Ce cellophane laissait passer une bande de rayons ultraviolets, à partir de 2075 Å.

Conclusion. — *L'irradiation du cholestérol* par des rayons ultraviolets *s'accompagne de phénomènes d'ionisation.*

A $16^h 10^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de son doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Pierre Viala* :

En première ligne.......... M. **Émile Brumpt**.
En seconde ligne.......... M. **Albert Demolon**.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*... MM. **Étienne Foëx**, **Maurice Javillier**, **Constantin Levaditi**, **François Maignon**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance publique.

La séance est levée à $17^h 45^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 9 novembre 1936.)

Note de M. *Marc Krasner*, Sur la représentation multiplicative dans les corps de nombres $\mathfrak{P}$-adiques relativement galoisiens :

Page 907, ligne 7, *au lieu de* $\mathfrak{P}$, *lire* $\mathfrak{p}$; ligne 19, *au lieu de* α_a, *lire* α_2; ligne 22, *au lieu de* α_4, *lire* α_1; ligne 30, *au lieu de* $(\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_\mu)$, H_0^1, *lire* $(\beta_1, \beta_2 \ldots, \beta_\mu).H'_0$.

Page 908, ligne 17, *au lieu de* $K_1 | K_0$, $K_2 | K_0$, $K_\mu | K_0$, *lire* K_1/K_0, K_2/K_0, K_μ/K_0; ligne 34, *au lieu de* $b = 0, 1, \ldots, p^n - 1$, *lire* $b = 0, 1, \ldots, p^{n-1} - 1$.